

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka

2018

Jesse Olli

KERROSTALON PAALUPERUSTUSTEN SUUNNITTELU

– Kerrostalokohde Kaarinassa

Jesse Olli

KERROSTALON PAALUPERUSTUSTEN SUUNNITTELU

– Kerrostalokohde Kaarinassa

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella paaluperustukset kerrostalokohteeseen. Kerrostalo tulee sijaitsemaan Kaarinan kaupungissa ja sen rakentaminen aloitetaan vuoden 2018 aikana. Työ toteutettiin Sitowise Oy:n toimeksiantona.

Työssä tarkasteltiin kerrostaloon kohdistuvia kuormituksia sekä niiden jakaantumista perustuksille. Laskelmat toteutettiin yksinkertaisilla menetelmillä, jotka täyttivät nykyisten standardien mukaiset mitoitusperusteet. Lisäksi työssä perehdyttiin myös rakennuksen jäykistystekniikkaan.

Lopputuloksena suunniteltiin kerrostalon paalukartta, jossa oli kaikki tarvittavat tiedot paalutustyön suorittamista varten työmaalla. Paalukartassa oli merkittynä paalujen sijaintitiedot sekä niiden yläpuoliset kantavat rakenteet. Työssä saatiin myös tehtyä kattavat kuormituslaskennat kerrostaloon kohdistuvista kuormituksista.

Opinnäytetyötä voidaan käyttää tulevaisuudessa mallina uusien kerrostalokohteiden paaluperustusten mitoitukseen. Laskelmat ovat tehty yksinkertaisesti, ja ne ovat helposti omaksuttavissa.

ASIASANAT:

rakennesuunnittelu, kerrostalo, kuormat, paaluperustukset

BACHELOR'S | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Structural Engineering

2018 | 34 + 14

Jesse Olli

PILE FOUNDATION DESIGN TO APARTMENT BUILDING

- Apartment building to Kaarina

The main goal of this thesis was design pile foundations to an apartment building. The apartment building will be situated in the city of Kaarina and the construction work of the building will start in 2018. This work was ordered by Sitowise Oy.

This work was focused on the structural loads that are directed to apartment building and the way that loads move down to the foundations. The calculations were completed with simple methods that meet the current standards. Furthermore this work was focused also on the stiffening technique of the apartment building.

The final result of this work was a pile map that included all the information necessary to the actual piling on the construction site. All the pile locations and the load-bearing structures above them were marked to the pile map. The work also included comprehensive structural load calculations on the loads directed to the building.

This thesis can be used as a model to the future apartment building pile foundation calculation. Calculations are made with simply style and they are easy to adopt.

KEYWORDS:

structural engineering, apartment building, structural loads, pile foundations

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 LÄHTÖTIEDOT	8
2.1 Muiden suunnittelualojen lähtötiedot	8
2.2 Kohteen ja sen rakennejärjestelmän kuvaus	9
3 PERUSTUSKUORMIEN LASKENTA	11
3.1 Rakenteiden omat painot	11
3.2 Lumikuorma	12
3.3 Hyötykuormat	14
3.4 Tuulikuormat	17
3.5 Lisävaakavoimat	20
3.6 Väestönsuojan kuormitukset	21
3.7 Kuormitusyhdistelmät	22
4 JÄYKISTÄVÄT RAKENTEET	26
4.1 Jäykistävien seinät	26
4.2 Jäykistävien seinien huomioiminen perustuksissa	26
5 PAALUANTURAT JA PAALUKARTTA	28
5.1 Kohteessa käytetyt paalut	28
5.2 Paaluanturan mittojen määräytyminen	28
5.3 Paalukartta	29
5.3.1 Ulkoseinät	30
5.3.2 Väliseinät	30
5.3.3 Parveketornit	31
5.3.4 Hissikuilu	31
5.3.5 Portaati	31
5.3.6 Väestönsuoja	32
5.3.7 Paalujen yläpäiden katkaisutasot	32
6 LOPUKSI	33

LIITTEET

- Liite 1. Rakenneleikkaus 1–1
- Liite 2. Rakennetyypit
- Liite 3. Rakenteiden omat painot
- Liite 4. Lumikuorman laskenta
- Liite 5. Tuulikuorman laskenta
- Liite 6. Lisävaakavoimien ja jäykistävien väliseinien laskenta
- Liite 7. Väestönsuojan kuormituslaskelmat
- Liite 8. Perustuskuormien laskenta
- Liite 9. Perustusten kuormituspiirustus
- Liite 10. Kuormitusten jakaantuminen kerroksessa
- Liite 11. Jäykistävien väliseinien sijainnit
- Liite 12. Paaluanturat A1–A5
- Liite 13. Paalukartta
- Liite 14. 1. kerroksen lattian tasopiirustus

KUVAT

- | | |
|---|----|
| Kuva 1. Maassa olevan lumen ominaisarvot S_k (kN/m ²) | 13 |
|---|----|

TAULUKOT

- | | |
|--|----|
| Taulukko 1. Lumikuorman muotokerroin | 12 |
| Taulukko 2. Katon tuulensuojaisuuskertoimet | 14 |
| Taulukko 3. Rakennuksen hyötykuormat | 15 |
| Taulukko 4. Kohteessa käytetyt hyötykuormat | 16 |
| Taulukko 5. Maastoluokat ja niiden kuvaukset | 18 |
| Taulukko 6. Puuskanopeuspaineen arvot (kN/m ²) | 19 |
| Taulukko 7. Rakennuksen tehollinen hoikkuus | 19 |
| Taulukko 8. Rakennuksen sivujen suhde | 20 |
| Taulukko 9. Seuraamusluokat ja kuormakertoimet | 24 |
| Taulukko 10. Paalujen keskiöetäisyydet | 28 |

SANASTO

LVISA	Lämmitys-, viemäri-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatiojärjestelmät
Tilaohjelma	Rakennuksen käyttäjien perusteella määritettävät rakennuksen tilojen tarpeet ja pinta-alat
Eurokoodit	Kantavien rakenteiden suunnittelun standardit
Geosuunnittelu	Maaperän tutkimiseen ja erikoistunut suunnitteluala
Moduulilinja	Rakenteen pohjapiirustuksessa oleva kiintoviiva, joka on sidottu esimerkiksi seinälinjaan
Sisäkuorielementti	Tehtaalla valmistettu betoninen seinä, jota käytetään muun muassa ulkoseinissä kantavana rakenteena
Parvekesarana	Parvekelaatoissa käytettävä saranamainen teräsosa
Kattotuolipukki	Vesikattoa kannattava rakenneos, jonka alapinta on tuettu koko matkalta

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli paaluperustusten suunnittelu kuusikerroksiseen uudiskerrostaloon. Kaarinan kaupunkiin tulevan kerrostalon rakentaminen alkaa vuoden 2018 syksyllä, jolloin rakennuspaikalle aletaan tehdä perustuksia. Opinnäytetyössä käsitellään perustusten suunnittelua ennen varsinaisen rakentamisen aloitusta. Työssä ei oteta kantaa rakentamisvaiheessa mahdollisesti ilmeneviin muutostarpeisiin perustusten suunnittelun osalta.

Työ toteutettiin Sitowise Oy:ssä, joka vastasi kohteen rakennesuunnittelusta. Varsinaisen kohteen rakennuttajana ja perustajaurakoitsijana toimi Peab Oy. Lisäksi kohteen muista suunnittelualoista vastasi SM Maanpää Oy (geosuunnittelu), Arkkitehtitoimisto Lehto Peltonen Valkama Oy (arkkitehtisuunnittelu), Rejlers Finland Oy (LVIA-suunnittelu) sekä Sähköinsinööritoimisto Matti Leppä Oy (sähkösuunnittelu).

Opinnäytetyössä perehdyttiin kerrostalon perustuksille tulevien kuormien laskentaan. Laskettujen kuormien perusteella paalut ja paaluanturat sijoitettiin rakennuksen alapohjaan. Suunnittelussa huomioitiin myös rakennuksen jäykistyksen vaikutus paaluperustuksiin. Lisäksi työssä käsiteltiin pääpiirteittäin erilaisten paaluanturoiden ulkomittojen määräytymistä.

Työn lopputuloksena syntyi kerrostalokohteen perustuskuormalaskenta sekä sen avulla tehtävä paalukartta. Opinnäytetyössä käsiteltiin perustusten suunnittelua lähinnä pelkästään paalujen osalta, joten paaluanturoiden mitoitus rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle.

Laskelmissa pyrittiin yksikertaisiin laskentamenetelmiin, jotka täyttivät eurokoodien mukaiset laskentaperiaatteet ja -vaatimukset. Laskelmat toteutettiin perusohjelmilla, kuten MS Excelillä ja Matchcad-laskentaohjelmalla. Varsinaisten rakennepiirustusten tekemiseen käytettiin Autodeskin Autocad LT 2017 -piirto-ohjelmaa.

Opinnäytetyön tekstiosiossa käsitellään teoriaa kuormien laskennasta. Työssä kuvataan lisäksi hieman toteutustapoja ja syitä, miksi on päädytty tiettyihin ratkaisuihin. Opinnäytetyön liitteissä on esitetty lopuksi varsinaiset kuormalaskelmat sekä opinnäytetyön osalta tarpeelliset kohteen rakennesuunnitelmat.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Muiden suunnittelualojen lähtötiedot

Rakennesuunnittelun aloittamisessa tarvitaan lähtötietoja ja selvityksiä muilta suunnittelualoilta. Muilla suunnittelualoilla tarkoitetaan yleensä arkkitehti-, LVISA- tai geosuunnittelua. Tässä rakennuskohteessa tärkeimmät lähtötiedot perustusten suunnittelun aloitukseen antoi arkkitehti sekä geosuunnittelija. Arkkitehdin tehtävänä oli määrittää yleisesti rakennuksen ulkonäköön, käytännöllisyyteen, tilaohjelmaan sekä rakennuslupaprosessiin vaadittavat asiat. Geosuunnittelijan tehtävä oli taas määrittää rakennuspaikan maaperään sekä perustamisolosuhteisiin liittyvät asiat.

Arkkitehti teki alustavat luonnoskuvat kohteesta. Ne sisälsivät pohja-, leikkaus-, julkisivu- sekä asemapiirustuksia. Näiden piirustuksien pohjalta aloitettiin tekemään rakennesuunnittelua. Rakennesuunnittelu aloitettiin merkkamalla kantavia rakenteita kunkin kerroksen tasokuvaan. Tasokuvien tekemisessä käytettiin apuna arkkitehdin pohjakuvien merkkamia seiniä, aukkoja sekä moduulilinjoi. Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa kohteesta tehtiin alustavat runkoluonnokset. Runkoluonnokset olivat käytännössä eri kerrosten tasokuvia, joihin on merkitty kaikki kantavat rakenteet, rakenteille tulevat kuormitukset sekä erilaiset rakennetyypit. Lisäksi kohteen kantavasta rungosta tehtiin yksi iso leikkauskuva, jossa oli määritetty kohteessa käytettävät erilaiset rakennetyypit ja kerroskorkeudet.

Geosuunnittelija antoi rakennesuunnittelun lähtötiedoiksi pohjatutkimuslausunnon. Pohjatutkimuslausunnossa kuvattiin rakennuskohteen maaperän koostumus sekä sen käyttäytyminen pitkällä ja lyhyellä aikavälillä. Lisäksi lausunnossa kerrottiin perustamistapa sekä siinä suositeltavat paalutyypit ja niiden koot. Geosuunnittelija määritti myös kohteessa käytettävien paalujen kapasiteetin maaperän suljetun leikkauslujuuden avulla. Tämä kyseinen tieto kertoo, kuinka paljon yhtä paalua voi enimmillään kuormittaa, ennen kuin paalu nurjahtaa ja menettää kantavuutensa.

2.2 Kohteen ja sen rakennejärjestelmän kuvaus

Kohde oli 6-kerroksinen asuinkäyttöön tuleva kerrostalo, joka oli pinta alaltaan 2 348 m². Kerrostaloon oli suunniteltu 32 asuntoa, jotka olivat pääosin kaksioita ja kolmioita. Kaikki kohteen kerrokset sijaitsivat maan päällä, joten rakennuksessa ei ollut maanalaista kellarialueita. Alimmassa kerroksessa sijaitsivat normaalien asuntojen lisäksi väestönsuoja ja irtainvarasto, tekniset tilat sekä erillinen kuivaushuone. Rakennuksen keskellä oli jokaisessa kerroksessa porraskäytävä, josta tapahtui kulku asuntoihin. Porraskäytävistä oli myös pääsy asuinkerrokseen johtavaan hissiin. Julkisivumateriaaleina kohteessa käytettiin valtaosin tiiltä. Ainoastaan rakennuksen ylimmässä kerroksessa sekä parvekkeiden kohdalla ulkoseinissä käytettiin puupaneeliverhousta.

Ulkomuodoltaan rakennus oli melko neliömäinen. Neliömäistä muotoa täydensivät koko rakennuksen korkuiset parveketornit rakennuksen sivuilla. Parveketornit kannatettiin parvekepilareilla sekä -pielillä perustuksista asti. Lisäksi parvekelaatat sidottiin rakennuksen runkoon käyttäen parvekesaranoita sekä teräsputkia.

Kohde perustetaan paaluanturoiden varaan, koska rakennuskohde sijaitsee painuvalla savimaalla (SM Maanpää Oy, henkilökohtainen tiedonanto 1.2.2018). Rakennuksessa käytetään maanvaraista alapohjalaatta, jonka alapuolelle asennetaan radon-putkisto asuntojen kohdalle. Alapohjalaatan paksuus oli kaikkialla 270 mm, ja se oli paikallavallettava betonilaatta. Kohteen anturoiden kohdalla oli betoniset ylösnostot, jotka tukeutuivat alapohjalaattaan. Betonisen ylösnoston periaate on esitetty liitteessä 1.

Rakennuksen kantavat ulkoseinärakenteet olivat 150 mm paksuja sisäkuorielementtejä. Poikkeuksena olivat ylimmän kerroksen sisäänvedetyn parvekkeen ulkoseinärakenteet, joiden kantavat rakenteet ovat puusta. Väliseinät olivat pääosin 200 mm paksuja paikallavallettuja betoniväliseiniä. Ainoastaan porrashuoneeseen rajoittuvat väliseinät ovat elementtirakenteisia betoniväliseiniä. Poikkeuksena olivat alimman kerroksen porrashuoneen rajoittuvat seinät, jotka valettiin paikan päällä betonista.

Rakennuksen välipohjat sekä yläpohjalaatta olivat 270 mm paksuja ristiinkantavia paikallavallettuja. Ainoastaan rakennuksen porraskäytävän kattolaatat päätettiin tehdä elementtirakenteisina, koska siten nopeutetaan työmaalla tapahtuvaa rakentamiskaista kulkua eri kerroksiin.

Kohteen alimmassa kerroksessa sijaitsevan väestönsuojan seinä- ja kattorakenteet suunniteltiin 300 mm paksuista betonisista paikallavalurakenteista. Väestönsuojan alapohjalaatta oli samanlainen 270 mm:n betonilaatta kuin asuntojenkin kohdalla.

Kohteen vesikatto suunniteltiin puurakenteisena. Vesikaton rakenne koostuu ylimmän kerroksen kattolaatan päältä lähtevistä kattotuolipukeista sekä niiden päällä olevasta katevanerista sekä bitumihuovasta. Vesikatto oli suhteellisen loiva aumakatto. Sen katto- kaltevuus oli 1:20. Liitteessä 1 on esitetty kohteen rakenneleikkaus ja liitteessä 2 on esitetty kohteessa käytettyjä rakennetyyppejä.

3 PERUSTUSKUORMIEN LASKENTA

3.1 Rakenteiden omat painot

Kohteen rakenteiden omista painoista toteutettiin Excel-pohjainen taulukko, jossa määritettiin eri rakennetyyppien painot. Rakennetyypeillä tarkoitetaan yleisesti rakennuksen ala-, väli ja yläpohjassa sekä ulko- ja väliseinissä käytettävien rakennusmateriaalien painoja.

Ulko- ja väliseinärakenteiden kohdalla tehtiin muutama rakenteellinen yksinkertaistus koskien painojen laskentaa. Niiden painojen laskennassa ei huomioitu seinissä olevia ovi- ja ikkuna-aukkoja painoa vähentävinä tekijöinä. Tällöin voitiin perustuskuormia laskettaessa käyttää seinärakenteiden kohdalla aina samaa painon arvoa huolimatta siitä, oliko seinässä aukkoja vai ei.

Rakennuksessa oli kahta eri julkisivuverhoustyyppiä. Julkisivumateriaaleina käytettiin tiiltä sekä puuta. Perustuskuormia laskettaessa ulkoseinärakenteiden painot laskettiin käyttämällä vain tiiliverhottua rakennetyyppiä, joka oli laskennan kannalta epäedullisin (painavin ulkoseinätyyppi). Tällä kyseisellä tavalla lisättiin kuormien laskennan varmuutta mitoittamalla ulkoseinärakenteiden painot hieman yläkanttiin.

Rakenteiden painojen yksikköinä käytettiin laskelmissa yleisesti kN/m^2 (vaakarakenteet) tai kN/m (pystyrakenteet). Käytännössä tämä tarkoitti, että seinärakenteet laskettiin kuormituksena yhden metrin matkalle ja laattamaiset rakenteet laskettiin kuormituksena yhtä neliometriä kohden. Rakenteiden omista painoista toteutettu Excel-taulukko on esitetty liitteessä 3.

3.2 Lumikuorma

Lumikuorma on rakennuksen katolla olevasta lumen painosta aiheutuva kuormitus rakenteelle. Se tulee huomioida perustuksille muuttuvana kuormana. (RIL 201-1-2017.)

Rakennuksen katolla vallitseva lumikuorma laskettiin seuraavalla kaavalla (RIL-1-2017, 100):

$$s = \mu_i C_e C_t S_k, \text{ missä}$$

μ_i on lumikuorman muotokerroin

S_k on maassa olevan lumikuorman ominaisarvo (kN/m²)

C_e on tuulensuojaisuuskerroin

C_t on lämpökerroin, jonka arvo tavallisesti on 1,0.

Lumikuorman muotokerroin riippuu suunniteltavan kohteen kattokaltevuudesta. Mitä pienempi kattokulma on, sitä helpommin katolle jää lunta. Lisäksi muotokertoimen määrittämiseen vaikuttaa se, onko lumella mahdollisuus kinostua katolla. Lumikuorman muotokerroin voidaan määrittää taulukosta 1. (RIL 201-1-2017, 102.)

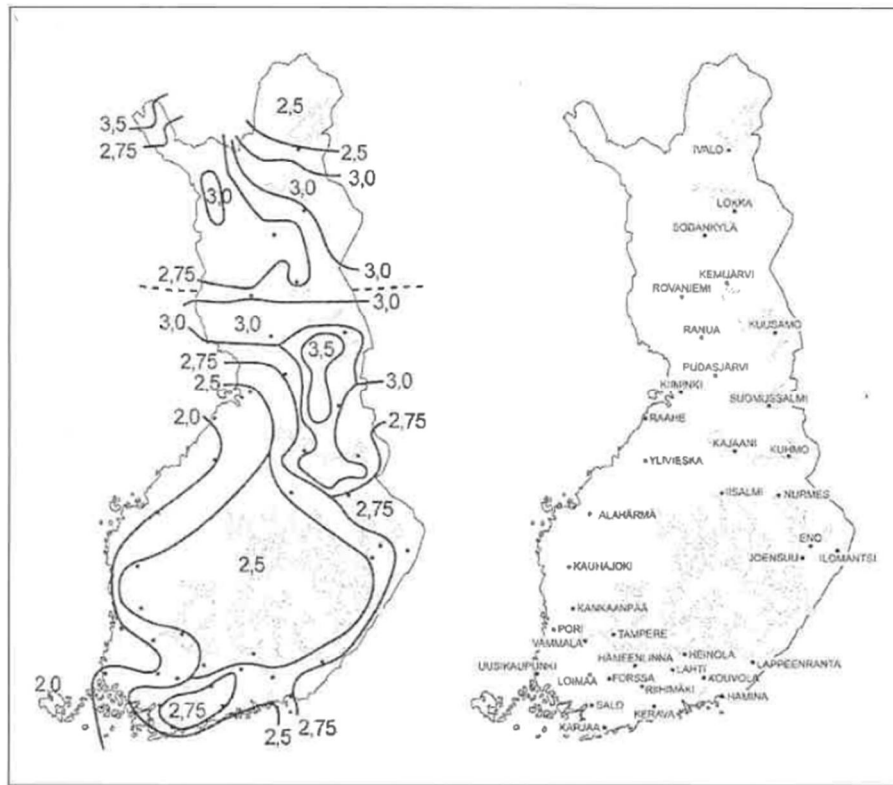
Taulukko 1. Lumikuorman muotokerroin (RIL 201-1-2017,102).

Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1, μ_2	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	1,6

Tässä kerrostalokohteessa oli loiva vesikatto, jonka kaltevuuskulma oli noin 3 astetta. Lisäksi tehtiin laskennan yksinkertaistuksen takia olettaus, ettei katolle kinostu lunta. Muotokertoimeksi voitiin tällöin määrittää taulukosta 1 arvo 0,8 (μ_1). (RIL 201-1-2017, 102.)

Maassa olevan lumikuorman ominaisarvo määräytyy sen mukaan, missä paikkakunnalla suunniteltava kohde tulee sijaitsemaan. Lumikuorman ominaisarvo maassa perustuu

kerran 50 vuodessa esiintyvän lumen oletettuun maksimimäärään. Tämä kerrostalo-kohde tulee sijaitsemaan Kaarinan kaupungissa, joka sijaitsee Etelä-Suomessa. Kyseisessä paikassa maahan satavan lumen perusarvona (S_k) käytetään kuvan 1 perusteella arvoa 2,5 kN/m². (RIL 201-1-2017, 98.)



Kuva 1. Maassa olevan lumen ominaisarvot S_k (kN/m²) (RIL 201-1-2017, 98).

Lumikuorman tuulensuojaisuuskerroin määritetään rakennuskohteen alueella vaikuttavan tuulisuuden mukaan. Mitä enemmän rakennuspaikalla tuulee, sitä pienemmän arvon tuulensuojaisuuskerroin voi saada. (RIL 201-1-2017, 100.)

Kaarinaan suunniteltu kerrostalo tulee sijaitsemaan alueella, jossa lähellä on muita rakennuksia sekä puustoa. Tällöin voidaan ajatella, ettei tuuli poista huomattavaa määrää lunta aikaisemmin mainittujen esteiden takia. Siksi voidaan taulukosta 2 valita tuulensuojaisuuskertoimeksi 1,0 (maastotyyppi normaali). Lämpötilakertoimena käytettiin lumi-kuorman laskennassa arvoa 1,0, jota voidaan käyttää yleisarvona. (RIL 201-1-2017, 100.)

Taulukko 2. Katon tuulensuojaisuuskertoimet (RIL 201-1-2017, 100).

Maastotyyppi	C_e
Tuulinen	0,8 ($\geq 1,0$, mikäli lyhyempi sivumitta > 50 m)
Normaali	1,0
Suojainen	1,2

Kohteen katolla olevaan lumikuorman arvoksi saatiin kaavasta 1 arvo $2,0 \text{ kN/m}^2$. Tätä arvoa käytettiin myöhemmin perustuskuormien laskennassa. Lumikuorman laskenta on esitetty liitteessä 4.

Rakennuksen vesikatolla oli myös alueita, joihin lumi voi kinostua, mutta kinostumisesta aiheutuvia lisäkuormia ei otettu huomioon perustuskuormia laskettaessa. Tämä tapahtui siitä syystä, että kinostumisesta aiheutuvat lisäkuormat olisivat olleet suuruusluokaltaan niin pieniä, ettei niillä ei ollut merkitystä perustuskuormien laskennan tarkkuuden kannalta. Kuitenkin on huomattava, että esimerkiksi vesikattoa suunniteltaessa tulisi kinoslumesta aiheutuvat lisäkuormat ottaa huomioon.

3.3 Hyötykuormat

Kerrostalon hyötykuormat määritettiin ennen perustuskuormien laskentaa. Hyötykuormien määrittämisessä tarkasteltavia asioita olivat rakennuksen käyttötarkoitus, sen eri rakennneosat ja niiden kuormitus. Rakennuksen hyötykuormat määritettiin taulukon 3 mukaan. (RIL 201-1-2017, 71–72.)

Taulukko 3. Rakennuksen hyötykuormat (RIL 201-1-2017, 71–72).

Luokka	Käyttötarkoitus	Pinta-ala-kuorma q_k (kN/m ²)	Pistekuorma Q_k (kN) (portaatsuluissa)	Vaakakuormat ks. huom. 5 (kN/m)
A	Asunto- ja majoitustilat – esim. asuinrakennusten huoneet, sairaaloiden potilas- ja toimenpidehuoneet, hotellien majoitustilat	välipohjat 2,0 portaajat 2,0 parvekkeet 2,5	2,0 (2,0)	0,5
B	Toimistotilat	välipohjat 2,5 portaajat 3,0 parvekkeet 2,5	2,0 (2,0)	0,5
C	Kokoontumistilat			
	C1: Tilat, joissa on pöytiä yms. esim. koulut, kahvilat, ravintolat, ruokasalit, lukusalit, vastaanottotilat	välipohjat 2,5 portaajat 3,0 parvekkeet 2,5	3,0 (2,0)	1,0
	C2: Tilat, joissa on kiinteät istuimet, esim. kirkot, teatterit, elokuvateatterit, konferenssisalit, luentosalit, kokoussalit, odotussalit, asemien odotustilat	välipohjat 3,0 portaajat 3,0 parvekkeet 3,0	3,0 (2,0)	1,0

Luokka	Käyttötarkoitus	Pinta-ala-kuorma q_k (kN/m ²)	Pistekuorma Q_k (kN) (portaatsuluissa)	Vaakakuormat ks. huom. 5 (kN/m)
	C3: Tilat, joissa ei ole liikkumista rajoittavia esteitä, esim. museo- ja näyttelytilat, julkisten rakennusten ja toimistorakennusten, hotellien ja sairaaloiden eteistilat, asemahallit	välipohjat 4,0 portaajat 3,0 parvekkeet 4,0	4,0 (2,0)	1,0
	C4: Liikuntatilat, esim. tanssisalit, voimistelusalit ja näyttämöt	välipohjat 5,0 portaajat 3,0 parvekkeet 5,0	4,0 (2,0)	1,0
	C5: Tilat, joihin voi syntyä tungosta esim. yleisötaphtumien rakennuksissa; tällaisia ovat konserttisalit, urheiluhallit ml. katsomot, terassit ja eteistilat sekä rautatiealut	välipohjat 6,0 portaajat 6,0 parvekkeet 6,0	4,0 (2,0)	3,0
D	Myymälätilat			
	D1: Tavallisten vähittäiskauppojen tilat	välipohjat 4,0 portaajat 3,0 parvekkeet 4,0	4,0 (2,0)	1,0
	D2: Tavaratalojen tilat	välipohjat 5,0 portaajat 6,0 parvekkeet 5,0	7,0 (2,0)	1,0
E	Varasto- ja tuotantotilat			
	E1: Varastotilat. Tilat, joissa tavaraa säilytetään, mukaan luetuna tavaran vastaanottotilat	välipohjat 7,5 portaajat 3,0	7,0 (2,0)	1,0
	E2: Teollisuuskäyttö	ks. 6.3.2	ks. 6.3.2	1,0
F	Liikennöintialueet Kevyiden ajoneuvojen liikennöinti- ja pysäköintialue. Kokonaispaino ≤ 30 kN ja enintään 8 paikkaa kuljettajan lisäksi	välipohjat 2,5 portaajat 3,0	20 (2,0)	ks. liite B
G	Liikennöintialueet Keskiraskaiden ajoneuvojen liikennöinti- ja paikoitusalueet. Ajoneuvokuormat, kun $30 \text{ kN} < \text{kok.paino} \leq 160 \text{ kN}$, 2 akselilla	välipohjat 5,0 portaajat 3,0	90 (2,0)	ks. liite B
H	Vesikatot Vesikatot, joille on pääsy vain normaalia kunnossapitoa ja korjaamista varten	0,4	1,0	
I	Vesikatot Vesikatot, joille on pääsy luokkien A...G mukaisesti.	kuormat luokkien A...G mukaisesti		
K	Vesikatot Erityistoimintoja varten olevat vesikatot, kuten helikoptereiden laskeutumisalueet		ks. kohta 6.3.4	

Kohde oli normaalissa asuinkäytössä oleva kerrostalo, joten se kuuluu käyttötarkoituksen perusteella hyötykuormaluokkaan A. Hyötykuormaluokassa A on välipohjien ja portaiden hyötykuormaksi määritetty $2,0 \text{ kN/m}^2$. Niiden lisäksi parvekkeiden hyötykuormiksi on määritetty $2,5 \text{ kN/m}^2$. (RIL 201-1-2017, 71.)

Kohteen vesikatto katsottiin kuuluvan hyötykuormaluokkaan H, eli se tulkittiin vesikatoksi, jonne on pääsy vain kunnossapitoa ja korjaamista varten. Tällöin vesikaton hyötykuormaksi saatiin arvo $0,4 \text{ kN/m}^2$. (RIL 201-1-2017, 72.) Parvekelaatoille tulevan hyötykuorman lisäksi parvekkeissa huomioitiin myös parvekkeen ulkoreunoja kiertävä kaidekuorma, jonka arvoksi määriteltiin $2,0 \text{ kN/m}$. Tällä kuormalla huomioitiin mahdollinen kaide-lasitusrakenteen paino, jota ei tiedetty etukäteen.

Lopuksi hyötykuormista koottiin pieni Excel-taulukko (taulukko 4), josta myöhemmin poimittiin tarvittavat arvot perustuskuormien laskentaa varten.

Taulukko 4. Kohteessa käytetyt hyötykuormat.

Hyötykuormat		
yläpohja/vesikatto	0,4	kN/m^2
välipohja	2,0	kN/m^2
alapohja	2,0	kN/m^2
parveke	2,5	kN/m^2
parvekkeen kaidekuorma	2,0	kN/m
portaot	2,0	kN/m

3.4 Tuulikuormat

Tuulikuormalla tarkoitetaan rakennuksen ulkopintoihin vaikuttavaa tuulenpainetta, joka aiheuttaa rakenteille kuormituksen (RIL 201-2017). Rakennuksen seiniin kohdistuva kokonaistuulivoima laskettiin voimakertoimen avulla kaavasta (RIL 201-1-2017, 140)

$$F_W = C_s C_d C_f q_p(h) A_{ref}, \text{ missä}$$

F_W on kokonaistuulivoima (kN)

$C_s C_d$ on rakennekerroin

C_f on voimakerroin

$q_p(h)$ on nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudella

A_{ref} on tuulikuorman vaikutusala.

Tuulikuorman laskentaa varten kohteelle määriteltiin maastoluokka. Maastoluokka määrittyy rakennuskohteen maantieteellisen sijainnin perusteella. Maastoluokat on jaoteltu luokkiin 0-4. Maastoluokka 0 on tuulisin alue, ja maastoluokka 4 on vähiten tuulisin alue. (RIL 201-1-2017, 131.) Taulukossa 5 on esitetty eri maastoluokat.

Taulukko 5. Maastoluokat ja niiden kuvaukset (RIL 201-1-2017, 131).

 <p>Maastoluokka 0: Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue.</p>	 <p>Maastoluokka I: Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.</p>
 <p>Maastoluokka II: Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan.</p>	 <p>Maastoluokka III: Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä).</p>
<p>Maastoluokka IV: Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m.</p>	

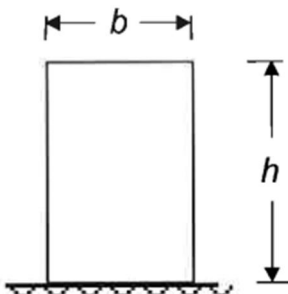
Kokonaistuulivoiman laskentaa varten tarvittava puuskanopeuspaineen ominaisarvo saatiin taulukosta 6. Puuskanopeuspaineeseen vaikuttivat rakennuksen korkeus maan pinnasta aina vesikaton harjalle asti. Lisäksi puuskanopeuspaineeseen vaikutti rakennuskohteelle määritetty maastoluokka. (RIL 201-1-2017, 137.)

Taulukko 6. Puuskanopeuspaineen arvot (kN/m²) (RIL 201-1-2017, 137).

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Voimakertoimen laskentaa varten laskettiin rakennuksen korkeuden ja sivujen pituuksien avulla tehollinen hoikkuus. Rakennuksen tehollinen hoikkuus määritettiin taulukosta 7. Lopullinen voimakertoimen arvo saatiin taulukosta 8, jossa muuttujina olivat rakennuksen tehollinen hoikkuus sekä rakennuksen sivujen suhde. (RIL 201-1-2017, 141.)

Taulukko 7. Rakennuksen tehollinen hoikkuus (RIL 201-1-2017, 140).

Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus λ
	<p>kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$</p> <p>Välialueella $15 \text{ m} < h < 50 \text{ m}$ sovelletaan interpolointia.</p> <p>Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$.</p>

Taulukko 8. Rakennuksen sivujen suhde (RIL 201-1-2017, 141).

	Sivusuhte d/b								
λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
10	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Rakennekertoimen arvona käytettiin laskelmissa arvoa 1.0, joka oli mitoituksen kannalta varmalla puolella (RIL 201-1-2017, 140). Tuulikuormien vaikutusaloina käytettiin aina tarkasteltavan seinänpinnan tuulen suuntaa kohtisuorassa olevaa pintaa. Seinäpintojen leveyden laskennassa otettiin huomioon rakennuksen leveyden lisäksi myös lasitettujen parveketornien leveydet. Tuulikuormien laskenta tarkoitti käytännössä, että tarkasteltavia pintoja oli yhteensä kaksi, rakennuksen pidempi ja lyhyempi sivu.

Lisäksi huomioitavaa, että vaikka kokonaistuulivoiman kaavaan sovelletaan yleensä rakennuksiin, joiden korkeus on matalampi kuin sen leveys. Voitiin todeta, että vaikka rakennuksen lyhyemmällä sivulla mitat eivät ihan täyttäneet tätä ehtoa, saatiin edellä mainitulla kokonaistuulivoiman kaavalla lyhyemmällekin sivulle varmalla puolella oleva mitoitusarvo. (RIL 201-1-2017, 141–142.) Tuulikuorman laskenta on esitetty tarkemmin liitteessä 5.

3.5 Lisävaakavoimat

Lisävaakavoimat ovat voimia, jotka aiheutuvat rakenteiden vinoudesta. Lisävaakavoimia aiheuttavat rakenteiden mittaepätarkkuudet laskettiin Eurokoodi 2 SFS EN 1992-1-1:n mukaan.

Mittaepätarkkuudet määritettiin kaavasta (SFS EN 1992 1-1, 54–55).

$$\theta_i = \theta_0 \alpha_h \alpha_m, \text{ missä}$$

θ_0 on perusarvo; Suomessa suositusarvo on 1/200

α_h on pituuteen tai korkeuteen perustuva pienennyskerroin

α_m on rakenneosien määrään perustuva pienennyskerroin.

Vinouden määrittystä yksinkertaistettiin siten, että kaavasta otettiin huomioon vain vinouden perusarvo ilman pienennyskertoimia. Toisin sanoen vinouden arvona käytettiin myöhemmissä laskelmissa arvoa $1/200$ (perusarvo). Tämä arvo on varmalla puolella mitoituksessa, koska kaavasta ei voitu saada tulokseksi suurempaa arvoa kuin perusarvo θ_0 .

Toisen kertaluvun vaikutuksia ei tässä kohteessa huomioitu, koska rakennus oli suhteellisen matala ja jäykkä rakenne, joten niiden ei katsottu vaikuttavan merkittävästi rakennuksen stabiiliteettiin (M. Honka-Hallila, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2018).

Lisävaakavoimat laskettiin kaavasta

$H_i = 0_i N$, missä

H_i on rakennukseen kohdistuva lisävaakavoima (kN)

0_i on rakenteiden mittaepätarkkuuden arvo

N on koko rakennuksen pystysuuntainen kuormitus (kN).

Lisävaakavoimat laskettiin kertomalla kuormitusyhdistelystä saatu rakennuksen kokonaiskuorma vinouden perusarvolla. Lisävaakavoimia käytettiin myöhemmin jäykistävien väliseinien kuormien laskennassa. Lisävaakavoimien laskenta on esitetty liitteessä 6.

3.6 Väestönsuojan kuormitukset

Väestönsuoja on tila, joka on tehty rakennukseen tai sen yhteyteen erillisenä tilana. Tilan rakenteet on mitoitettu siten, että ne suojaavat ihmisiä poikkeustilan vallitessa räjähd-, sirpale- ja paineaaltovaikutuksille. Lisäksi väestönsuojan rakenteiden on kestettävä kemiallisten taistelua-aineiden, ionisoivan säteilyn sekä rakennuksen sortumasta aiheutuvat kuormitukset. (Suomen Pelastuslain Keskusjärjestö 2017.)

Tähän kohteeseen oli suunniteltu S1-luokan väestönsuoja, joka tarkoitti, että väestönsuojan katto, seinät ja lattia tulee suunnitella siten, että ne kestävät paineaallostasta johtuvan

100 kN/m² kuormituksen. Lisäksi väestönsuojan oviaukon edessä tulee olla sortumakuorman (25 kN/m²) kestävä kattolaatta (RT SM-21508).

Perustuksia suunniteltaessa otettiin huomioon muiden kuormitustapausten lisäksi myös onnettomuustilanteessa tapahtuva väestönsuojan kuormitus. Perustuksia mitoitettaessa onnettomuustilanteessa väestönsuojaan kohdistuvista pystysuorista painekuormista laskettiin neljäsosa. Lisäksi huomioitavaa on, että väestönsuojan onnettomuustilanteen kuormituksissa käytetään osavarmuuskertoimena arvoa 1,0. (RT SM-21508.)

Väestönsuojan kuormituksesta tehtiin oma kuormituspiirustus ja Excel-taulukko, jossa oli eriteltynä kuormitukset seinälinjojen avulla. Väestönsuojan perustuksille onnettomuustilanteessa tulevia kuormituksia vertailtiin myöhemmin toisiin kuormitustapauksiin, jotta saatiin perustuksille laskettua määrääviin (suurimman arvon antava) kuormitustapaus. Väestönsuojan kuormituspiirustus sekä Excel-taulukko on esitetty liitteessä 7.

3.7 Kuormitusyhdistelmät

Perustuskuormien laskennassa käytettiin murtorajatilän STR-kuormitusyhdistelyä (RIL 201-1-2017, 40). Kuormitusyhdistelyssä (kaava 1) rakenteiden omat painot kerrottiin kertoimella 1,15 ja rakennuksen muuttuvat kuormat kertoimella 1,5. Näiden lisäksi tarkasteltiin, tuleeko kaavasta 2 omien painojen arvo määrääväksi kuormitustapaukseksi. Laskelmia yksinkertaistettiin jättämällä hyötykuormien yhdistelmäkerroimet pois laskelmista. Tällä tavalla saatiin varmalla puolella oleva tulos, joka antoi hieman suuremman arvon kuin hyötykuormien yhdistelmäkerroimien avulla. Lisäksi huomioitavaa on, että tuulikuormaa ei otettu huomioon STR-kuormitusyhdistelyssä, vaan se otettiin huomioon jäykistävien rakenteiden kautta siirtyvänä pystyvoimana erillisissä laskelmissa myöhemmin.

Rakenteen kestävyys ja geotekninen kantavuus (STR, sarja b) laskettiin kaavoista (RIL 201-1-2017, 40)

$$\left. \begin{matrix} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kuitenkin vähintään:

$$\left. \begin{matrix} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j}, \text{ missä}$$

$G_{k,j}$ on rakenteiden oman painon arvo, ilman varmuuskertoimia

$Q_{k,i}$ on rakenteissa esiintyvä muuttuva kuorma

K_{FI} on kuormakerroin

$\gamma_{0,i}$ on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin

γ_p on esijännitysvoima kerrottuna osavarmuuskertoimella γ .

Rakennuksen kuormitusyhdistelyn laskennassa tarvittava seuraamusluokka määräytyy sen mukaan, kuinka suuret seuraamukset ihmishenkien menetyksille vahingon sattuessa sillä on. Käytännössä seuraamusluokka määräytyy siis sen mukaan, kuinka suuri joukko rakennuksessa oleskelee ja kuinka monta kerrosta rakennuksessa on. Rakennuksen seuraamusluokka voidaan määrittää taulukosta 9 ja samasta taulukosta saadaan myös kuormakertoimen K_{FI} arvo. Kuormakerroin K_{FI} on arvo, joka kasvaa isommaksi sitä mukaa, kun rakennuksen seuraamusluokka muuttuu isommaksi. Käytännössä kuormakerroin antaa hieman lisää varmuutta laskelmiin, kun suunnitellaan seuraamusluokan CC3 rakennuksia. Samalla kuormaluokka pienentää hieman varmuutta, kun suunnitellaan pienempiä CC1-seuraamusluokan rakennuksia. (RIL 201-1-2017, 26.)

Opinnäytetyössä käsitelty kerrostalo on kuusikerroksinen, joten taulukosta 9 voidaan todeta, että se täyttää ainoastaan CC2-seuraamusluokan määritelmän. Samalla määräytyy myös kuormakertoimen arvo, joka on CC2-seuraamusluokassa 1,0 (K_{FI}).

Taulukko 9. Seuraamusluokat ja kuormakertoimet (RIL 201-1-2017, 26).

Seuraamusluokan (CC) kuvaus	Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä	Luotettavuusluokka/ kuormakerroin K_{FI}
CC3 Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennuksen kantava runko ¹⁾ jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä, kuten - yli 8-kerroksiset ²⁾ asuin-, konttori- ja liikerakennukset - konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näytelyhallit, katsomot - raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset. Erikoisrakenteet, kuten esim. korkeat tornit. Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet, jotka sijaitsevat siirtymien hättävaiikutuksille herkissä ympäristöissä erityisesti hienorakeisten maalajien alueilla.	RC3 $K_{FI} = 1,1$
CC2 Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia.	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1.	RC2 $K_{FI} = 1,0$
CC1 Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksellisten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	1- ja 2-kerroksiset ²⁾ rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä ³⁾ , kuten esim. pienehköt varastot ja maatalouden tuotantorakennukset, joiden pinta-ala on enintään 300 m ² tai suurin jänneväli enintään 6 metriä. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa, kuten - matalalla olevat alapohjat, ilman kellaritiloja - ryömintätilaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne - sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana.	RC1 $K_{FI} = 0,9$

Esijännitysvoimia ei otettu huomioon kuormitusyhdistelyissä, koska kohteessa ei todettu sen rakennejärjestelmän perusteella esiintyvän merkittäviä määriä esijännitysvoimia. Lopulliset perustuksille tulevat kuormitukset laskettiin kantavia rakenteita pitkin alas asti perustuksille. Kantavat rakenteet jaettiin tarkasteltaviin osiin, joiden tunnuksina käytettiin yleisesti moduulilinjojen merkintöjä. Esimerkiksi tarkasteltavan ulkoseinälinjan kuormitusluetta merkittiin AB-1-lyhenteellä, joka tarkoitti ulkoseinää, joka sijaitsi moduulin 1

suuntaisesti ja seinän sijainti alkoi moduulista A ja päättyi moduuliin B. Laskelmien yksinkertaistuksen takia oletettiin, että kaikki betonirakenteiden liitokset ovat yhtä jäykkiä, jolloin kuormat siirtyisivät tasaisesti kaikkialta laatoilta sitä ympäröiviin kantaviin rakenteisiin.

Jokaisen tarkasteltavan seinä- tai pilarilinjan kohdalla tehtiin erikseen murtorajatilan STR-kuormitusyhdistely ja saadut kuormat merkattiin perustusten kuormapiirustukseen (liite 9). Perustuskuormien laskenta on esitetty liitteessä 8. Lisäksi liitteessä 10 on esitetty kuormituspiirustus rakennuksen 3. kerroksesta, josta on nähtävillä, millaisilta alueilta kuormat jaettiin vaakarakenteilta ympäröiville pystyrakenteille.

4 JÄYKISTÄVÄT RAKENTEET

4.1 Jäykistävien seinät

Jäykistävien rakenteiden tehtävänä on ottaa vastaan rakenteille tulevat rasitukset, jotka aiheutuvat vaakasuuntaisista kuormituksista (Betoniteollisuus ry 2010). Kohteessa esiintyvät vaakavoimat olivat tuulikuorma sekä lisävaakavoimat.

Suunniteltavassa kohteessa käytettiin mastolevyjäykistystä, jossa kantavat väliseinät toimivat jäykistävinä levyinä ja samalla siirtävät rakennukseen kohdistuvat vaakasuuntaiset voimat perustuksille. Jäykistävinä väliseininä toimivat 200 mm paksut teräsbetoniväliseinät. Kantavia ulkoseiniä ei voitu ottaa huomioon jäykistävinä rakenteina, koska ulkoseinissä oli paljon ikkuna- ja oviaukkoja. Näin ollen niiden ei katsottu pystyvän siirtämään vaakasuuntaisia kuormia perustuksille.

4.2 Jäykistävien seinien huomioiminen perustuksissa

Lisävaakavoimat ja tuulikuorma aiheuttavat jäykistäviin rakenteisiin pystysuuntaisia kuormituksia, minkä vuoksi ne otettiin huomioon paaluperustusten suunnittelussa. Rakennukseen määritettiin seitsemän jäykistävää väliseinää, joiden kautta rakennukseen kohdistuvat vaakasuuntaiset voimat siirtyvät perustuksille. Jäykistävien väliseiniksi valittiin väliseinät, joissa ei ollut oviaukkoja. Tällä tavoin varmistettiin kuormien siirtyminen ehjissä levymäisissä rakenteissa suoraan perustuksille. Jäykistävien väliseinien sijainnit ovat esitetty liitteessä 11.

Vaakavoimat jakaantuvat jäykistäville seinille niiden jäykkyyksien suhteessa. Mitä jäykempi liitos kantavien rakenneosien välillä on, sitä paremmin ne siirtävät kuormia perustuksille. (Betoniteollisuus ry 2010.) Vaakavoimien jakaantumisesta tehtiin Excel-pohjainen taulukko, jossa laskettiin vaakavoimien siirtyminen jäykistävien väliseinien kautta perustuksille. Vaakavoimista aiheutuva kuormitus jaettiin väliseinille niiden jäykkyyksien suhteessa. Koska rakennus oli hyvin symmetrinen kaikkiin suuntiin, oletettiin rakennuk-

sen vääntökeskiön sijaitsevan täsmälleen rakennuksen keskipisteessä. Tämä tehtiin laskevien yksinkertaistuksen takia. Jäykistävästä väliseinistä tehdyt laskelmat on esitetty liitteessä 6.

5 PAALUANTURAT JA PAALUKARTTA

5.1 Kohteessa käytetyt paalut

Kohteessa päätettiin käyttää betonisia TB300b-lyöntipaaluja. Edellä mainittu paalutyyppi oli yksi geosuunnittelijan ehdottamista paaluista (SM Maanpää Oy, henkilökohtainen tiedonanto 1.2.2018). TB300b-paalut ovat jatkettavia betonipaaluja, joiden ulkomitat ovat 300 mm x 300 mm. Paalua valmistetaan maksimissaan 15 m:n pituisina, joten tätä pidemmät paalut koostuvat useammasta betonisesta paaluosasta, jotka liitetään toisiinsa jatkoskappaleilla. (Rakennusteollisuus RT ry 2011.)

Paaluja käytetään kohteessa tukipaaluina. Tukipaaluilla tarkoitetaan paalutyyppiä, jossa paalujen alapää tukeutuu kallioon tai muuhun kantavaan maakerrokseen. Tukipaaluissa rakenteista tulevat kuormat välittyvät paalujen kärkien kautta kantavaan maakerrokseen. (RIL 254-2011, 20.) Paalun puristuskestävyyden mitoitusarvona voitiin käyttää 874 kN:n puristuskestävyyttä (SM Maanpää Oy, henkilökohtainen tiedonanto 1.2.2018).

5.2 Paaluanturan mittojen määräytyminen

Perustuksiin suunniteltiin 1–5 paalun anturoita erisuuruisten kuormitusten mukaan. Paalujen sijoittuminen anturassa määräytyy yleensä paaluille määrätyillä reuna- ja keskiöetäisyyksillä. Paalujen keskiöetäisyydet voidaan määrittää taulukosta 9. (RIL 254-2011, 173–174.)

Taulukko 10. Paalujen keskiöetäisyydet (RIL 254-2011, 173).

Paalun pituus [m]	Tuki- ja kitkapaalu		Koheesiopaalu	
	Pyöreä	Neliömäinen	Pyöreä	Neliömäinen
10	2,7d	3d	4d	4,5d
10–25	Väliarvot interpoloidaan		5d	5,6d
25	3,5d	4d	6d	6,8d

Paalujen pituus oletettiin noin 25 m:n pituisiksi, joten taulukosta 9 voitiin valita arvo 4d. Paalujen keskiöetäisyys on tällöin TB300b-paalua käytettäessä 1 200 mm (4 × 300 mm).

Paalun ulkoreunan etäisyys anturan reunasta tulee olla vähintään puolet paalun halkaisijasta lisättynä paalujen sallitulla sijaintipoikkeamalla (RIL 254-2011, 174). Tässä kohteessa sallituksi sijaintipoikkeamaksi määritettiin rakennesuunnittelijan toimesta 50 mm, joten paalujen reunaetäisyys anturasta tulisi silloin olla vähintään 200 mm.

Anturoiden korkeudet määritettiin niin korkeiksi, ettei anturan yläpuolisen rakenteen läpileikkautuminen tullut määrääväksi. Käytännössä tässä kohteessa sopivaksi paaluanturoiden paksuudeksi määrättiin 800 mm. Ainoastaan 1-paalun anturoissa käytettiin anturan korkeutena 500 mm. Varsinainen paaluanturoiden rakenteellinen mitoitus rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle. Paaluanturoiden tyyppipiirustukset on esitetty liitteessä 12, sekä paalujen sijoittuminen rakennuksen alapohjaan on esitetty liitteessä 14.

Todellisuudessa anturoiden lopulliset muodot ja mitat määräytyvät vasta, kun paalujen sijaintipoikkeamat ovat selvillä. Tällöin anturoiden muodot määräytyvät todellisilla, maahan lyötyjen paalujen paalusijainneilla reuna- ja keskiöetäisyydet huomioiden. Jos paalusiirtymät ovat suunnitellun ja työmaalla toteutuneen välillä suuria, voidaan joutua tekemään erilaisia palkkiratkaisuja kuormien siirtämiseksi paalujen kohdille.

5.3 Paalukartta

Kun perustuksille tulevat kuormat tiedettiin, alettiin suunnitella paalujen sijoittamista rakennuksen alapohjapiirustukseen. Tämä tarkoitti rakennuksen paalukartan tekemistä. Apuna paalukartan tekemisessä toimi kuormituspiirustus, johon oli merkattu kaikille alapohjan seinälinjoille, pilareille sekä parvekepielille tulevat kuormat.

Yleisenä huomiona paalukartan tekemisessä oli se, että yksittäiset paalut pyrittiin aina sijoittamaan suoraan kuormitetun seinän tai pilarin alle. Useamman paalun anturat sijoitettiin taas siten, että paaluantura oli symmetrisesti kuormitetun rakenneosan kohdalla. Tällä tavoilla paaluanturoissa olevat paalut kuormittuivat tasaisesti, eikä rakenteeseen tullut vääntöä. (Leskelä 2008.) Paalukartta on esitetty liitteessä 13.

5.3.1 Ulkoseinät

Ulkoseinille tarvittava paalumäärä saatiin, kun jaettiin seinälinjalle tuleva kokonaiskuorman resultantti yhden paalun kapasiteetilla. Näin saatiin selville kullekin ulkoseinälinjalle tarvittava paalumäärä. Tämän jälkeen paalut jaettiin ulkoseinälinjalle likimain tasaisin etäisyyksin toisistaan. Poikkeuksena olivat tilanteet, joissa paalu olisi osunut tasajaolla ison ikkuna- tai oviaukon kohdalle. Näissä tapauksissa paalua siirrettiin hieman sivumalle aukosta, jolloin kuormat pääsivät siirtymään paremmin perustuksille aukon viereisessä ehjässä seinärakenteessa. Ulkoseinälle tulevien paalujen kohdalla myös tarkistettiin, ettei minkään seinällä olevan paalun etäisyys toiseen paaluun ollut niin suuri, että kuormitusala olisi kasvanut liian suureksi yhden paalun kapasiteettiin nähden. Kaikilla ulkoseinälinjoilla käytettiin paaluanturoita. Tämä mahdollisti anturoiden päälle tuleville sokkelielementeille hyvän tuki- ja kiinnityspinnan.

Kohdissa, joissa kantava väliseinä liittyi ulkoseinään ja samalle alueelle tuli muista rakenteista pistemäisiä pystykuormia, tarvittiin suuren kuorman takia useampia paaluja. Näihin kohtiin sijoitettiin yleensä neljän tai viiden paalun antura kuormituksen mukaan. Rakennuksen ulkoseinien nurkkiin päätettiin sijoittaa kahden paalun anturat, jolloin saatiin riittävän iso kiinnityspinta sokkelin ulkokuorielementeille. Ulkokuorielementtejä varten paaluanturaan asennetaan tartuntatappeja, jotka vaativat tilaa anturan pinnasta.

5.3.2 Väliseinät

Kantavien väliseinien alle sijoitettiin paaluja riippuen siitä, kuinka iso kuormitus seinien kohdalle tuli. Pääsääntöisesti paalut sijoitettiin ilman anturaa suoraan väliseinien alapuolelle. Tarvittava paalumäärä saatiin jakamalla tarkasteltavan väliseinän kokonaiskuormituksen resultantti yhden paalun kantavuudella. Sen jälkeen paalut sijoitettiin tasavälein väliseinän alapuolelle, samalla tavalla kuin ulkoseinälinjoilla. Sellaisiin kantavien väliseinien risteämäkohtiin, joissa oli suuri kuormitus, sijoitettiin paaluanturat. Paaluanturoiden avulla saatiin kantavien rakenteiden risteämäkohtaan pienelle alueelle sijoitettua monta paalua tehokkaasti pieneen tilaan.

Rakenteiden vaakasuuntaisista voimista aiheutuvat puristavat voimat perustuksille laskettiin aikaisemmin jäykistävien väliseinien kohdassa. Käytännössä vaakasuuntaiset voimat aiheuttivat kaikkien jäykistävien seinien päihin lisäkuormitusta, minkä takia jokaisen jäykistävän väliseinän molempiin päihin sijoitettiin yksi paalu lisää. Liitteessä 9 olevassa kuormituskartassa jäykistäville seinille tulevat kuormitukset on merkattu ympyröillä. Huomattavaa kuitenkin on se, että vaakavoimat eivät vaikuta samaan aikaan rakennuksen pitkällä ja lyhyellä ulkoseinällä. Tällä perusteella jäykistävien väliseinien risteämäkohtaan ei voi tulla vaakavoimista aiheutuvaa kuormitusta kuin vain yhdestä suunnasta kerrallaan.

5.3.3 Parveketornit

Rakennuksen sivulla oli parveketorneja, joissa oli parvekepilareita sekä parvekepieliä. Jokaisen parvekepilarin tai parvekepielen kohdalle sijoitettiin yksi paalu niihin tulevan kuormituksen perusteella. Parvekepielet ja -pilarit sidottiin varsinaisen rakennuksen ulkoseinälinjojen anturoille palkkimaisella rakenteella. Tällä haluttiin varmistaa, että parveketornit eivät pääse liikkumaan missään suunnassa eri tahtiin suhteessa varsinaiseen rakennukseen nähden. Parveketornien palkkimaiset anturarakenteet on esitetty 1. kerroksen lattian tasopiirustuksessa (liite 14).

5.3.4 Hissikuilu

Rakennuksen keskellä olevan hissikuilun seinämien perustuksille päätettiin sijoittaa neljä paalua stabiliteetin takia. Kuormitusten perusteella hissikuilu ei olisi tarvinnut neljää paalua, mutta jos kuilun jokaisessa nurkassa ei olisi ollut paalua, olisi rakenteelle voinut aiheutua ei-toivottua vääntövoimaa.

5.3.5 Portaat

Rakennukseen tuli Ruduksen valmistamat Elemento 6 -elementtiportaat, jossa porraskelmat tukeutuvat elementissä olevaan keskipylvääseen. Porraskylvään aiheuttama kuormitus perustuksille saatiin laskemalla portaikon omapaino sekä sille tuleva hyötykuorma yhteen.

Portaiden alimman kerroksen pylvään alle sijoitettiin yksi paalu kuormituksen perusteella kantamaan portaikkoa. Lisäksi pylvään aiheuttama lävistysvoima alapohjalaatalle huomioitiin suunnittelemalla alapohjalaatan alle 100 mm:n paksuinen laattavahvistus.

5.3.6 Väestönsuoja

Väestönsuojan paalumäärät saatiin selville, kun vertailtiin murtorajatilán STR-kuormitusyhdistelyistä saatuja kuormituksia väestönsuojassa onnettomuustilanteessa vallitseviin kuormituksiin. Se kuormitustapaus, joka antoi kuormien perusteella isoimman arvon, määräsi paalumäärän väestönsuojan seinärakenteiden alle. Väestönsuojan paalut sijoitettiin liitteessä 13 esitettyihin paikkoihin.

5.3.7 Paalujen yläpäiden katkaisutasot

Paaluanturoiden katkaisutaso määritettiin niin, että paalu uppoaa 50 mm yläpuoliseen paaluanturaan tai alapohjalaattaan (RIL 254-2011, 172). Poikkeuksena oli kohteessa käytetyt yhden paalun anturat, joihin paalut päätettiin kiinnittää hieman jäykemmin kiinni. Yhden paalun anturoissa käytettiin 200 mm:n upotussyvyyttä, jotta pystyttiin varmistamaan jäykempi kiinnitys kuin muissa paaluanturoissa. Jäykempi kiinnitys haluttiin tehdä, koska yhden paalun antura oli suhteellisen pieni ulkomitoiltaan, minkä takia se oli myös epästabiilimpi muiden kantavien rakenteiden liikkumisesta johtuen.

6 LOPUKSI

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella paaluperustukset uudiskerrostaloon. Työssä pohdittiin ja laskettiin kattavasti kerrostalorakennukseen kohdistuvia kuormia yksinkertaisilla tavoilla, jotka ovat helppo omaksua. Laskelmista olisi myös saanut tehtyä paljon monimutkaisempia ja tarkempia, mutta se olisi ollut tarpeettoman pitkä ja kallis projekti sekä asiakkaan että työn toimeksiantajan kannalta. Yksinkertaisilla mitoitusmenetelmillä saatiin riittävän tarkat ja nopeat laskelmat perustuksia suunniteltaessa.

Laskennan tarkkuutta olisi voinut kehittää käyttämällä esimerkiksi kuormien laskennassa kehittyneitä tietokonelaskentaohjelmia, jotka olisivat laskeneet kuormituksen perustuksille todella tarkkaan. On kuitenkin hyvä opetalla laskemaan rakennesuunnittelijan uran alkuvaiheessa asioita käsin tai yksinkertaisilla taulukko-ohjelmilla. Tällöin syntyy hyvä perustuntuma siitä, mistä laskelmista saadut tulokset syntyvät.

Työn tulokset täyttävät eurokoodien mukaiset mitoitusperiaatteet ja ovat niin sanotusti aina varmalla puolella, eli rakenne on hieman laskettu yläkanttiin. Perustukset ovat rakennuksen turvallisuuden ja stabiliteetin takia tärkeä osa rakennusta, joten niiden rakenteet on syytä mitoittaa varman päälle.

Lopputuloksena saatiin kohteelle suunniteltua paalukartta, jonka perusteella kerrostalon paalutustyön toteutuksesta vastaava urakoitsija pystyy asentamaan paalut oikeille paikoille rakennustyömaalla. Paalukartassa on esitetty paalujen sijainnit rakennuksen pohjassa sekä niiden yläpäiden katkaisutasokorkeudet.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry 2010. Jäykistysjärjestelmät. Viitattu 5.3.2018 <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/rakennuksen-jaykistys/jaykistysjarjestelmat>.

Leskelä, M.V. 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008: by 210. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Rakennusteollisuus RT ry 2011. Tuotelehti PO-2011 mukaiseen paalutustyöhön. Viitattu 3.4.2018 https://htmyhtiot.fi/assets/files/pdf/paalutuotelehti_RT2011.pdf.

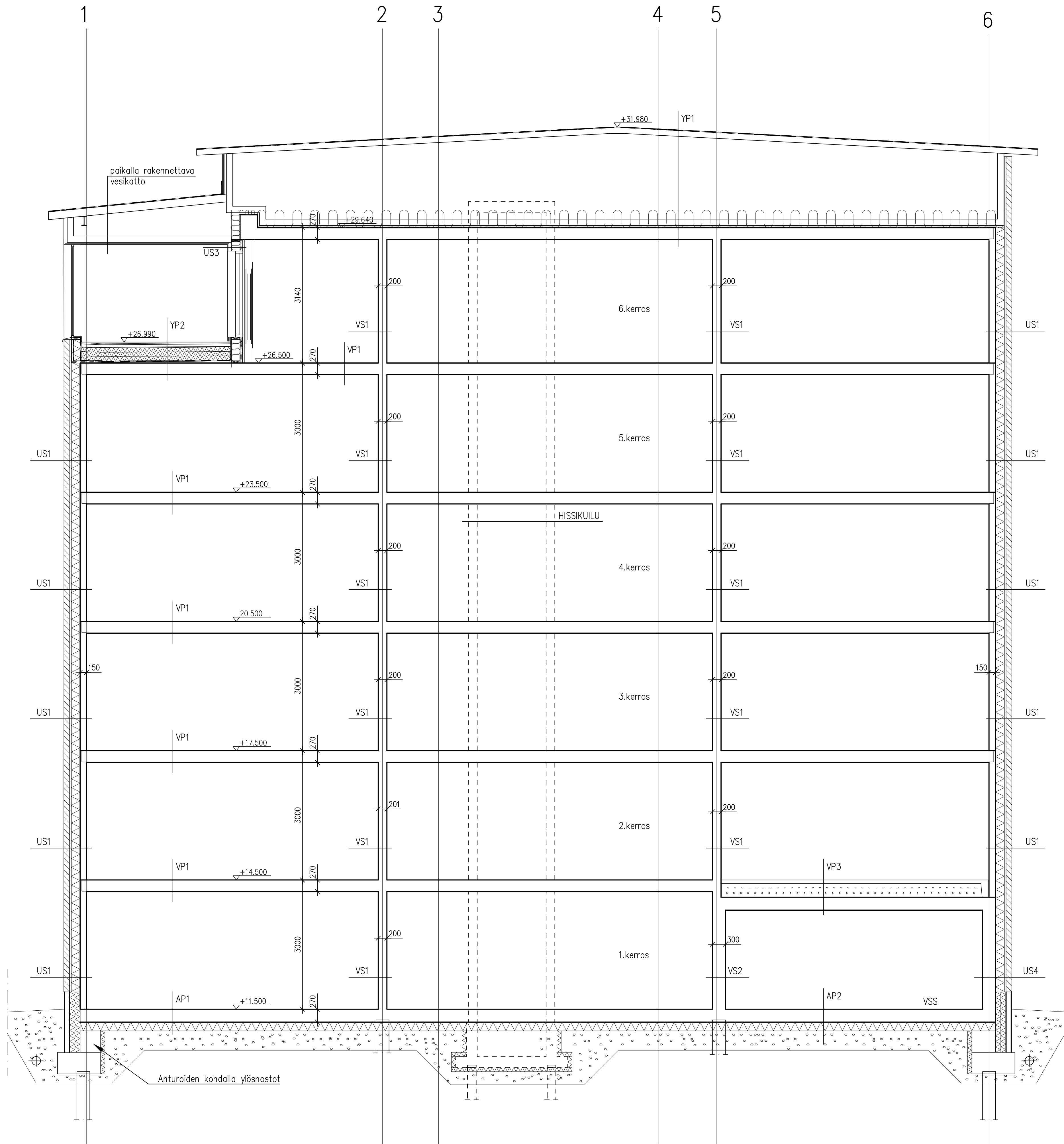
RIL 201-1-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 254-2011. Paalutusohje 2011. PO-2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT SM-21508 2011. Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 2011. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS-EN 1992-1-1. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1 Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen Pelastuslain Keskusjärjestö 2017. Väestönsuoja. Viitattu 22.2.2018 <http://www.spek.fi/Suomeksi/Turvatietaa/Vaestonsuojelu/Vaestonsuoja>.



VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

REV	PVM	SUUNN	TARK	MUUTOS
Kaup.osa/Kylä		Korttel/Tila		Tontti/Rno
Pysyvä rakennustunnus		Viranomaisen merkintä		
Rakennustoimenpide		Pirustustil		No
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Pirustuksen sisältö		Mittakaavat
		RAKENNELLEIKKAUS 1 - 1		1:50
Suunnittelija		Tarkastaja	Tiedostojänti	
JEOL				
Pintaja		Vast.suun/Hyväksyjä	Päiväys	Tiedosto
				.dwg

SITOWISEVaihde p.
www.sitowise.com

Muutos

Tark.

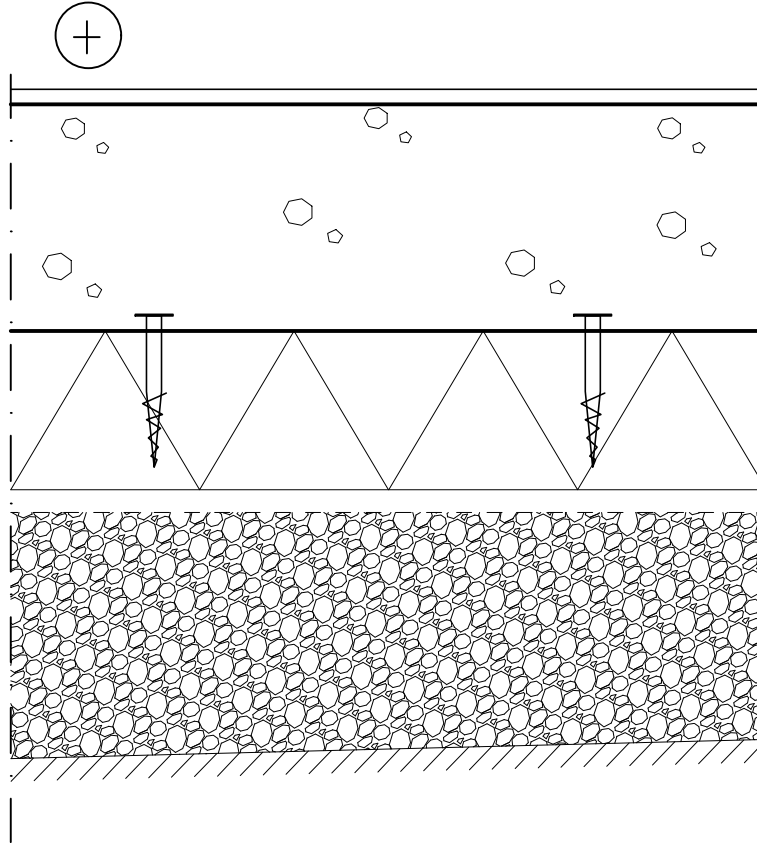
Muutospvm

AP1

Rakennuskohde

Sisältö
Alapohjarakenne, kantava

1:10



- pintarakenne arkk. mukaan
- 20 mm tasoite
- kantava betonilaatta tasopiirustusten mukaan
- 210 mm EPS 100 Lattia $\lambda_d=0,036$ W/mK , kiinnitetty mekaanisesti betonilaattaan, esim Okaria eristekiinnikkeillä
- painumasta johtuva rakotila
- >300 mm salaojajärjestelmä # 8...16 mm + Radon-putkisto
- suodatinkangas (N3)
- perusmaa kallistettu salaojiin

U-arvo: 0,16 W/m²**VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN**

SITOWISEVaihe p.
www.sitowise.com

Muutos

Tark.

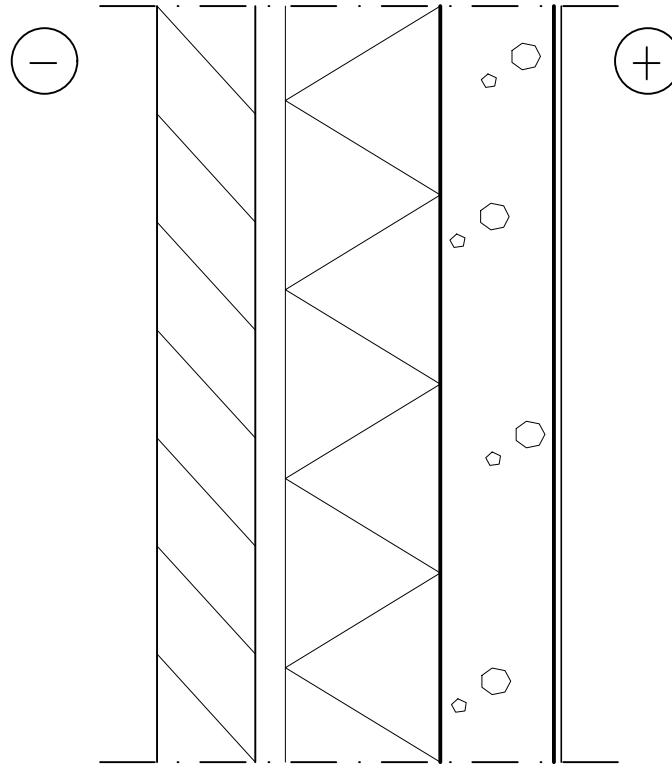
Muutospvm

US1

Rakennuskohde

Sisältö
Ulkoseinärakenne yleensä, tiiliverhous

1:10

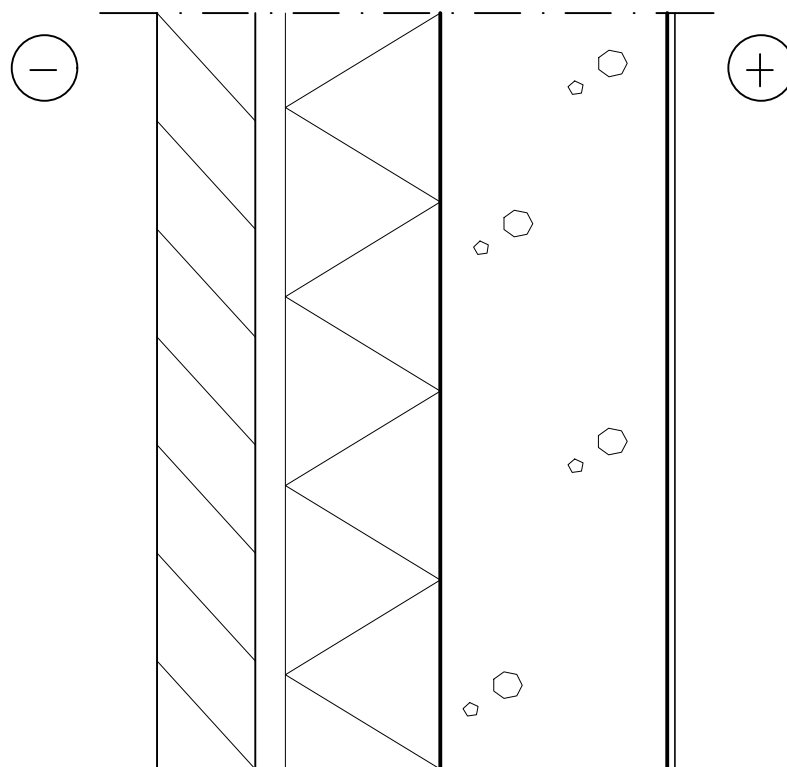


- 130/135 mm julkisivutiili arkk. mukaan
- 40 mm tuuletusrako
- 205 mm Paroc Cortex One, $\lambda=0,033$ W/mK, A2 - s1, d0, saumat teipaten
- 150 mm betoninen sisäkuorielementti
- pintakäsittely arkkitehdin mukaan

U-arvo: 0,15 W/m²KMuuraussiteet rst. 4 kpl/m², aukkojen pielissä k300, asennetaan ulospäin kalteviksiAukkojen päällä raudoitettut tiilipalkit
(palkkitiilet, ruostumattomat raudoitteet)Muuraustöissä ja tarvikkeissa noudatetaan
RIL 85-1989 annettuja ohjeita**VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN**

<div>SITOWISE</div> <div>Vaihe p. www.sitowise.com</div>		Muutos	US4
	Tark.	Muutospvm	
Rakennuskohde	Sisältö väestönsuojan ulkoseinä		

1:10



- 130/135 mm julkisivutiili arkk. mukaan
- 40 mm tuuletusrako
- 205 mm Paroc Cortex One, $\lambda=0,033$ W/mK, A2 - s1, d0, saumat teipaten
- 300 mm kantava teräsbetoneinä
- pintakäsittely arkkitehdin mukaan

U-arvo: $0,15$ W/m²K

Muuraussiteet rst. 4 kpl/m², aukkojen pielissä k300, asennetaan ulospäin kalteviksi

Aukkojen päällä raudoitetut tiilipalkit
(palkkitiilet, ruostumattomat raudoitteet)

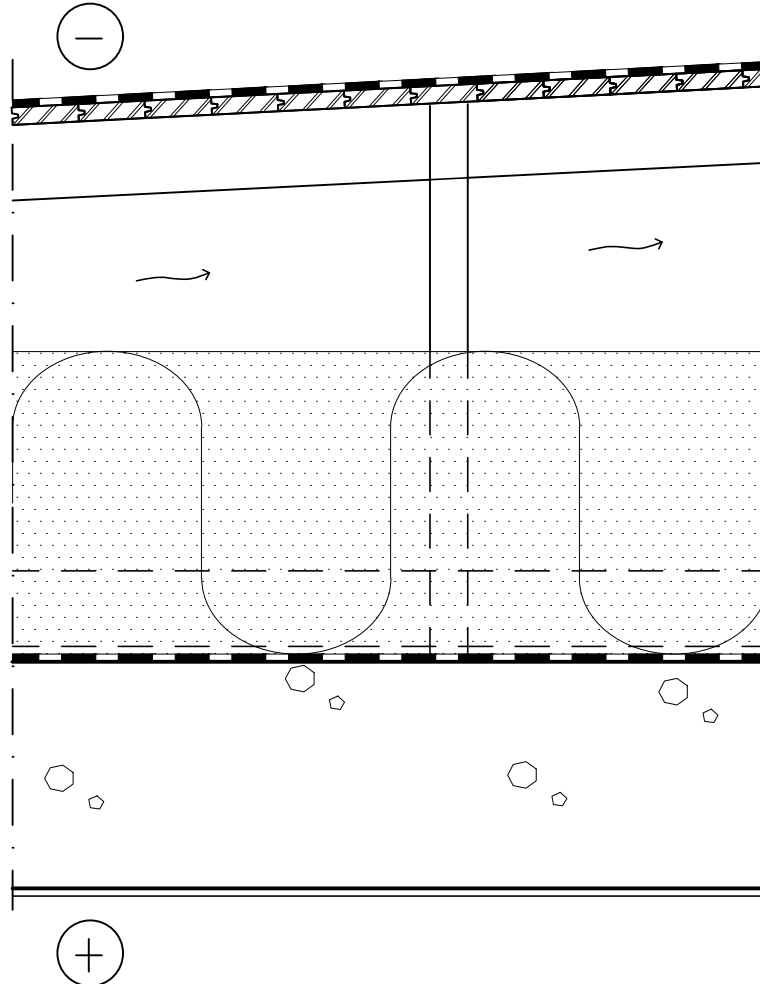
Muuraustöissä ja tarvikkeissa noudatetaan
RIL 85-1989 annettuja ohjeita

VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

Rakennuskohde

Sisältö
Yläpohjarakenne, yleensä

1:10



- kumibitumikermieristys:
 - K-PS 170/5000, kauttaaltaan bitumilla hitsaten
 - K-MS 170/3000, piste- ja saumaliimaus sekä mekaaninen kiinnitys.
 - jiirivahvistuksena K-MS 170/3000 kauttaaltaan bitumilla liimaten (2-kaistan levyisenä)
- 23 mm raakaponttilaudoitus tai 18 mm homesuojattu katevaneri RT 85-10851 mukaan, ulotettava vähintään kahden kattokannattajan yli
- kattotuolipukit k900 rakennesuunnitelmien mukaan
- >200 mm tuuletettu ilmatila, räystäällä tuulenohjain
- 410 mm puhallusvilla Paroc BLT 6, $\lambda_d=0,040$ W/mK
- höyrynsulkukerros bitumikermi K-ES AL (BHA2) kauttaaltaan bitumilla liimaten, alustassa bitumiliuossively
- kantava betonilaatta rakennesuunnitelmien mukaan
- pintakäsittely arkkitehdin mukaan

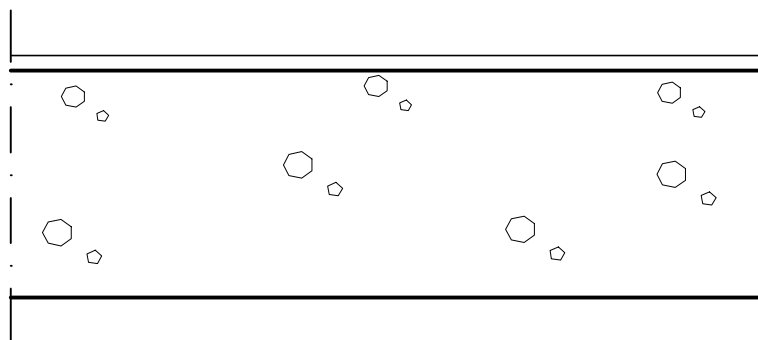
U-arvo: 0,09 W/m²K**VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN**

Vesikaton suojapellitykset RT80-10632.

Sadevesi-, tuuletus-, um. putkien läpiviennit tiivistetään kumisin läpivientiholkein myös höyrynsulkuun.

<div>SITOWISE</div> <div>Vaihde p. www.sitowise.com</div>		Muutos	VP1
	Tark.	Muutospvm	
Rakennuskohde	Sisältö Välipohjarakenne yleensä		

1:10



- pintarakenne arkk. mukaan
- 20 mm tasoite
- kantava betonilaatta tasopiirustusten mukaan
- pintarakenne arkk. mukaan

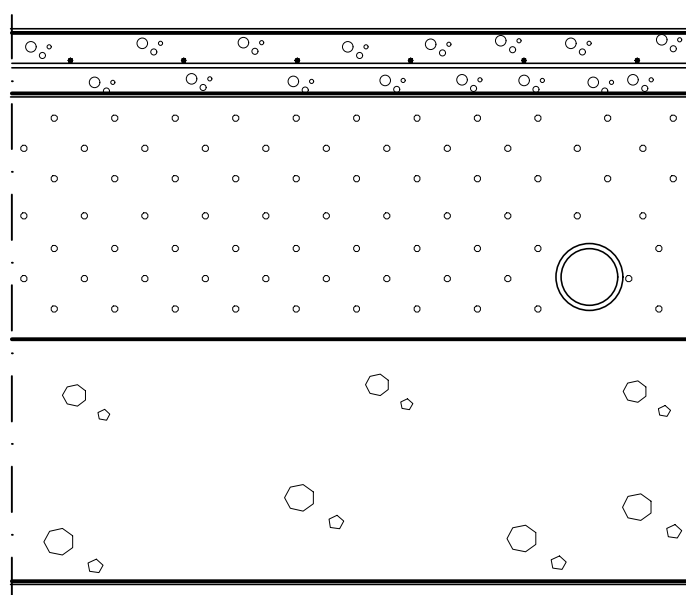
Rakenteen palonkesto: REI60

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dBIlmaääneneristysluku $R'w \geq 55$ dB

VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

<div>SITOWISE</div> <div>Vaihde p. www.sitowise.com</div>		Muutos	VP2
	Tark.	Muutospvm	
Rakennuskohde	Sisältö Välipohjarakenne, väestönsuoja		

1:10



- pintarakenne arkk. mukaan
- 80 mm teräsbetonilaatta (By 45 luokka A-4-30)
- + # T6-150 B500K
- sitkeä paperi
- kuiva, tiivistetty kevytsora + salaojaputki tuuletuksen järjestämiseksi
- kantava, betonilaatta tasopiirustusten mukaan
- pintarakenne arkk. mukaan

VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

Rakenteiden omat painot						
	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Paino (kg/m ²)		
YP1	Bitumikermieristys			20		
	Raakapontttilaudoitus	0,023	450	10		
	Kattotuolit (k900)			5		
	Puhallusvilla	0,41	35	14		
	Bitumikermieristys			0		
	Teräsbetonilaatta	0,3	2500	750		
			yht.	800	8,0	kN/m ²

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Paino (kg/m ²)		
YP3	Bitumikermieristys			10		
	Elementttilaatta	0,24	2500	600		
			yht.	610	6,1	kN/m ²

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Paino (kg/m ²)		
VP1	Pintarakenne			20		
	betonilaatta	0,3	2500	750		
			yht.	770	7,7	kN/m ²

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Paino (kg/m ²)		
VP2	Pintarakenne			20		
	Pintabetonilaatta	0,08	2500	200		
	kevytsora	0,32	320	102		
	Teräsbetonilaatta	0,3	2500	750		
			yht.	1072	10,7	kN/m ²

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Seinän korkeus (m)	Paino (kg/m)	
US1	Tiilimuuraus	0,135	1500	3,0	608	
	Paroc Cortex One	0,205	60	3,0	37	
	Sisäkuori	0,15	2500	2,7	1013	
			yht.		1657	16,6 kN/m

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Seinän korkeus (m)	Paino (kg/m)	
US4	Tiilimuuraus	0,135	1500	3,0	608	
	Paroc Cortex One	0,205	60	3,0	37	
	Sisäkuori	0,3	2500	2,7	2025	
			yht.		2669	26,7 kN/m

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Seinän korkeus (m)	Paino (kg/m)	
VS1	pintarakenne				2	
	Teräsbetoniseinä	0,2	2500	2,7	1350	
	pintarakenne				2	
			yht.		1354	13,5 kN/m

	materiaali	Paksuus (m)	Tilavuuspaino (kg/m ³)	Seinän korkeus (m)	Paino (kg/m)	
VS2	pintarakenne				2	
	Teräsbetoniseinä	0,3	2500	2,7	2025	
	pintarakenne				2	
			yht.		2029	20,3 kN/m

Lumikuorma

Lumikuorman muotokerroin (kaltevuus 3 astetta) :

$$\mu_1 := 0.8$$

Maassa olevan lumikuorman ominaisarvo (Kaarina) :

$$S_k := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tuulensuojaisuuskerroin :

$$C_e := 1.0$$

Lämpökerroin :

$$C_t := 1.0$$

Lumikuorma katolla :

$$s := \mu_1 \times C_e \times C_t \times S_k = 2 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tuulikuorman laskenta

maastoluokka : 2

rakennekerroin : $C_s C_d := 1.0$

rakennuksen korkeus : $h := 21.00\text{m}$

Tuuli pitkällä sivulle :

rakennuksen leveys : $b := 26.6\text{m}$

rakennuksen hoikkuus pitkällä sivulla sivulla : $\lambda_1 := 1.9 \times \frac{h}{b} = 1.5$

tuulikuormalla altistuva pinta-ala : $A_{ref1} := 21\text{m} \times 26.6\text{m} = 558.6\text{m}^2$

rakennuksen lyhyemmän sivun pituus : $d_1 := 22.5\text{m}$

rakennuksen pidemmän sivun pituus : $b_1 := 26.6\text{m}$

sivujen pituuksien suhde : $\frac{d_1}{b_1} = 0.846$

voimakerroin (taulukosta) : $C_{f1} := 1.5$

puuskanopuspaine (21 m) (taulukosta) : $q_p := 0.8 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

kokonaistuulivoima pitkälle sivulle : $F_{w1} := C_s C_d \times C_{f1} \times q_p \times A_{ref1} = 670.32 \times \text{kN}$

Tuuli lyhyelle sivulle :

rakennuksen lyhyemmän sivun pituus : $b_2 := 22.5\text{m}$

rakennuksen hoikkuus lyhyellä sivulla : $\lambda_2 := 1.9 \times \frac{h}{b_2} = 1.773$

tuulikuormalle altistuva pinta-ala : $A_{ref2} := 21\text{m} \times 22.5\text{m} = 472.5\text{m}^2$

rakennuksen pidemmän sivun pituus : $d_2 := 26.6\text{m}$

sivujen pituuksien suhde : $\frac{d_2}{b_2} = 1.182$

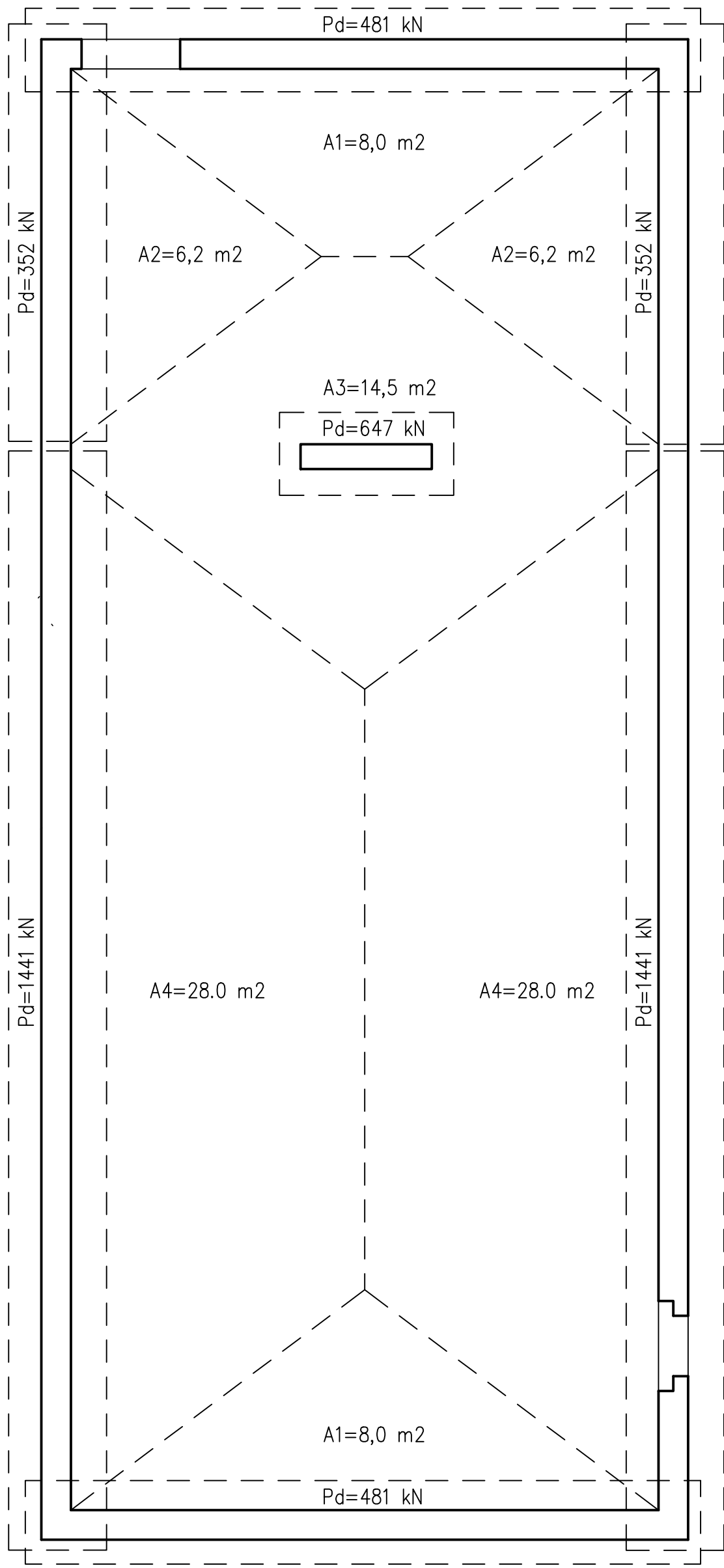
voimakerroin (taulukosta) : $C_{f2} := 1.33$

kokonaistuulivoima lyhyelle sivulle : $F_{w2} := C_s C_d \times C_{f2} \times q_p \times A_{ref2} = 502.74 \times \text{kN}$

Lisävaakavoima rakennukselle				
0,005	x	55292 kN	:=	277 kN

Jäykistävä seinä	Tuulikuorma x-suuntaan (kN)	Lisävaakavoima (kN)	Vaakavoimien momenttivarsi (m)	Vaakavoimien aiheuttama kokonaismomentti (kNm)	seinän pituus L (m)	seinän paksuus (m)	seinän jäykkyys (m ⁴)	seinän jäykkyyden suhde kokonaisjäykkyyteen (%)	seinälle tuleva momentti (kNm)	seinän tehollinen pituus L-1 m (m) (arvioitu)	Seinän päähän tuleva pystykuorma Nd (kN)
JS1	503	277	10,5	10831	6,9	0,2	5,48	42 %	4547	5,9	771
JS2a	503	277	10,5	10831	6,1	0,2	3,78	29 %	3142	5,1	616
JS2b	503	277	10,5	10831	6,1	0,2	3,78	29 %	3142	5,1	616
						SI	13,04				

Jäykistävä seinä	Tuulikuorma y-suuntaan (kN)	Lisävaakavoima (kN)	Vaakavoimien momenttivarsi (m)	Vaakavoimien aiheuttama kokonaismomentti (kNm)	seinän pituus (m)	seinän paksuus (m)	seinän jäykkyys (mm ⁴)	seinän jäykkyyden suhde kokonaisjäykkyyteen (%)	seinälle tuleva momentti (kNm)	seinän tehollinen pituus (arvioitu)	Seinän päähän tuleva pystykuorma Nd (kN)
JS3a	670	277	10,5	13461	6	0,2	3,60	19 %	2601	5	520
JS3b	670	277	10,5	13461	6	0,2	3,60	19 %	2601	5	520
JS4a	670	277	10,5	13461	7	0,2	5,72	31 %	4130	6	688
JS4b	670	277	10,5	13461	7	0,2	5,72	31 %	4130	6	688
						SI	18,63				



VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

REV	PVM	SUUNN	TARK	MUUTOS
-----	-----	-------	------	--------

Kaup.osa/Kylä		Korttel/Tila		Tontti/Rno		Viranomaisen merkintöjä		
Pysyvä rakennustunnus				Korkeus- ja koord. järjestelmä				
Rakennustoimenpide				Piirustuslaji		No		
Rakennuskohteen nimi ja osoite				Piirustuksen sisältö		Mittakaavat		
				Väestönsuojan kuormitus		1:50		
				onnettomuustilanteessa				
<div>SITOWISE</div>				Suunn.ala		Työnumero	Piir.no	Muutos
				RAK				
Suunnittelija		Tarkastaja		Tiedostostajainti				
Piirtäjä		Vast.suun/Hyväksyjä		C:\Users\jari\Desktop\Opmajametykset				
				Päiväys				Tiedosto .dwg

Väestönsuojan kuormitus onnettomuustilanteessa	
VS1	13,5 kN/m
VS2	20,3 kN/m
VP2	10,7 kN/m ²
AP1	7,7 kN/m ²

alue	pinta-ala (m ²)	painekuorma (kN/m ²)	VS1 (m)	VS2 (m)	Pd (kN)
A1	8	25	0	6,6	481
A2	6,2	25	0	4,1	352
A3	14,5	25	1,3	0	647
A4	28	25	0	11,1	1441

Rakenteiden painoja										Kuormien perusarvoja			
YP1	8,0	kN/m ²		VS1	13,5	kN/m	Sokkelin ulkokuori		3	kN/m	Lumikuorma	2,0	kN
US1	16,6	kN/m		VS2	20,3	kN/m	Parvekealaatta		6,5	kN/m ²	Hyötykuorma vesikatolla	0,4	kN
VP1/AP1	7,7	kN/m ²		US4	26,7	kN/m	Terassin aluslaatta+työtty		13	kN/m ²	Hyötykuorma valii- ja alapohjassa	2,0	kN
VP2	10,7	kN/m ²					Parvekepilari		4,9	kN	Hyötykuorma parvekkeella	2,5	kN
Parvekepilarin perustus	1,8	kN					Pieni parvekepieli		13,7	kN			
Iso parvekepieli	26,3	kN		Ison parvekepielen perustus	11,5	kN	Pienen parvekepielen perustus		8	kN			

Linja AB-1										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	10	0	0		0	0	26	106	13	37		
5.kerros katto	10	6	0		0	0	26	203	13	33		
4.kerros katto	10	6	0		0	0	26	203	13	33		
3.kerros katto	10	6	0		0	0	26	203	13	33		
2.kerros katto	10	6	0		0	0	26	203	13	33		
1.kerros katto	10	6	0		0	0	26	203	13	33		
1.kerros lattia	10	0	0		0	0	0	77	13	33		
terassi	10	0	0		0	0	0	130	20	40		
sokkelin ulkokuori	0	6	0		0	0	0	18	0	0		
						S _{Gk}		1344	S _{Qk}	275	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	1958	kN
										1,35K _f S _{Gk}	1814	kN

Linja A1-3										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	16,5	0	0		0	0	21	153	8	48		
5.kerros katto	16,5	8,1	0		0	0	21	283	8	41		
4.kerros katto	16,5	8,1	0		0	0	21	283	8	41		
3.kerros katto	16,5	8,1	0		0	0	21	283	8	41		
2.kerros katto	16,5	8,1	0		0	0	21	283	8	41		
1.kerros katto	16,5	8,1	0		0	0	21	283	8	41		
1.kerros lattia	16,5	8,1	0		0	0	0	262	0	33		
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0		
sokkelin ulkokuori	0	8,1	0		0	0	0	24	0	0		
						S _{Gk}		1851	S _{Qk}	286	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	2557	kN
										1,35K _f S _{Gk}	2499	kN

Linja A3-4										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	7	0	0		0	0	21	77	8	25		
5.kerros katto	7	4,9	0		0	0	21	156	8	22		
4.kerros katto	7	4,9	0		0	0	21	156	8	22		
3.kerros katto	7	4,9	0		0	0	21	156	8	22		
2.kerros katto	7	4,9	0		0	0	21	156	8	22		
1.kerros katto	7	4,9	0		0	0	21	156	8	22		
1.kerros lattia	7	4,9	0		0	0	0	135	0	14		
terassi	8	0	0		0	0	0	104	16	32		
sokkelin ulkokuori	0	4,9	0		0	0	0	15	0	0		
						S _{Gk}		1112	S _{Qk}	181	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	1550	kN
										1,35K _f S _{Gk}	1501	kN

Linja A4-6										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	15	0	0		0	0	0	120	0	36		
5.kerros katto	15	7,6	0		0	0	0	242	0	30		
4.kerros katto	15	7,6	0		0	0	0	242	0	30		
3.kerros katto	15	7,6	0		0	0	0	242	0	30		
2.kerros katto	15	7,6	0		0	0	0	242	0	30		
1.kerros katto	5,9	7,6	0		0	0	0	172	0	12		
1.kerros lattia	5,9	7,6	0		0	0	0	172	0	12		
terassi	5	0	0		0	0	0	65	10	20		
sokkelin ulkokuori	0	7,6	0		0	0	0	23	0	0		
						S _{Gk}		1518	S _{Qk}	200	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	2045	kN
										1,35K _f S _{Gk}	2049	kN

Linja AB-6										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	10	0	0		0	26	106	8	32			
5.kerros katto	10	6	0		0	26	203	8	28			
4.kerros katto	10	6	0		0	26	203	8	28			
3.kerros katto	10	6	0		0	26	203	8	28			
2.kerros katto	10	6	0		0	26	203	8	28			
1.kerros katto	0,8	6	0		0	26	132	8	10			
1.kerros lattia	4,5	1,8	4,2		0	0	177	8	17			
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0			
sokkelin ulkokuori	0	6	0		0	0	0	18	0	0		
						S _{Gk}		1243	S _{Qk}	171	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	1685	kN
										1,35K _f S _{Gk}	1678	kN

Linja BD-6										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	25,5	0	0		0	0	0	204	0	61		
5.kerros katto	25,5	10,8	0		0	0	0	376	0	51		
4.kerros katto	25,5	10,8	0		0	0	0	376	0	51		
3.kerros katto	25,5	10,8	0		0	0	0	376	0	51		
2.kerros katto	25,5	10,8	0		0	0	0	376	0	51		
1.kerros katto	25,5	10,8	0		0	0	0	452	0	51		
1.kerros lattia	25,5	0	10,8		0	0	0	485	0	51		
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0		
sokkelin ulkokuori	0	10,8	0		0	0	0	32	0	0		
						S _{Gk}		2676	S _{Qk}	367	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	3628	kN
										1,35K _f S _{Gk}	3612	kN

Linja D5-6										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	11	0	0		0	26	114	8	34			
5.kerros katto	11	6,3	0		0	26	215	8	30			
4.kerros katto	11	6,3	0		0	26	215	8	30			
3.kerros katto	11	6,3	0		0	26	215	8	30			
2.kerros katto	11	6,3	0		0	26	215	8	30			
1.kerros katto	11	6,3	0		0	26	248	8	30			
1.kerros lattia	11	0	6,3		0	0	0	253	0	22		
terassi	8	0	0		0	0	0	104	0	16		
sokkelin ulkokuori	0	6	0		0	0	0	18	0	0		
						S _{Gk}		1998	S _{Qk}	222	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	2172	kN
										1,35K _f S _{Gk}	2158	kN

Linja D2-5										K _{fi}	1,0	
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g _k	rakenteen omat painot kerroksittain g _{k,kerros}	Parvekekuormat q _k	muuttuvat kuormat kerroksittain q _{k,kerros}			
6.kerros katto	15,5	0	0		0	0	0	124	0	37		
5.kerros katto	15,5	7,6	0		0	0	0	246	0	31		
4.kerros katto	15,5	7,6	0		0	0	0	246	0	31		
3.kerros katto	15,5	7,6	0		0	0	0	246	0	31		
2.kerros katto	15,5	7,6	0		0	0	0	246	0	31		
1.kerros katto	15,5	7,6	0		0	0	0	246	0	31		
1.kerros lattia	15,5	7,6	0		0	0	0	246	0	31		
terassi	8	0	0		0	0	0	104	0	16		
sokkelin ulkokuori	0	7,6	0		0	0	0	23	0	0		
						S _{Gk}		1724	S _{Qk}	239	kN	
										1,15K _f S _{Gk} +1,5S _{Qk}	2341	kN
										1,35K _f S _{Gk}	2327	kN

Linja D1-2										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	12,5	6,8	0		0	0	26	239	8	38
5.kerros katto	12,5	6,8	0		0	0	26	235	8	33
4.kerros katto	12,5	6,8	0		0	0	26	235	8	33
3.kerros katto	12,5	6,8	0		0	0	26	235	8	33
2.kerros katto	12,5	6,8	0		0	0	26	235	8	33
1.kerros katto	12,5	6,8	0		0	0	26	235	8	33
1.kerros lattia	12,5	6,8	0		0	0	0	209	0	25
terassi	8	0	0		0	0	0	104	0	16
sokkeliin ulokuori	0	6,8	0		0	0	0	20	0	0
						S_{G_k}		1748 S_{Q_k}	244 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 2376 kN 1,35K_GS_{Gk} 2360 kN

Linja BD-1										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	25	0	0		0	0	0	200	0	60
5.kerros katto	25	10,8	0		0	0	0	372	0	50
4.kerros katto	25	10,8	0		0	0	0	372	0	50
3.kerros katto	25	10,8	0		0	0	0	372	0	50
2.kerros katto	25	10,8	0		0	0	0	372	0	50
1.kerros katto	25	10,8	0		0	0	0	372	0	50
1.kerros lattia	25	10,8	0		0	0	0	372	0	50
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0
sokkeliin ulokuori	0	6,8	0		0	0	0	20	0	0
						S_{G_k}		2451 S_{Q_k}	360 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 3359 kN 1,35K_GS_{Gk} 3309 kN

Linja BD-5										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	42	0	0		0	0	0	336	0	101
5.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
4.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
3.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
2.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
1.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
1.kerros lattia	42	0	0		0	10,8	0	543	0	84
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0
sokkeliin ulokuori	0	0	0		0	0	0	0	0	0
						S_{G_k}		3225 S_{Q_k}	605 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 4616 kN 1,35K_GS_{Gk} 4353 kN

Linja BD-2										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	42	0	0		0	0	0	336	0	101
5.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
4.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
3.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
2.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
1.kerros katto	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
1.kerros lattia	42	0	0		10,8	0	0	469	0	84
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0
sokkeliin ulokuori	0	0	0		0	0	0	0	0	0
						S_{G_k}		3151 S_{Q_k}	605 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 4531 kN 1,35K_GS_{Gk} 4254 kN

Linja C2-5										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	20	0	0		0	0	0	160	0	48
5.kerros katto	20	0	0		7,6	0	0	257	0	40
4.kerros katto	20	0	0		7,6	0	0	257	0	40
3.kerros katto	20	0	0		7,6	0	0	257	0	40
2.kerros katto	20	0	0		7,6	0	0	257	0	40
1.kerros katto	20	0	0		7,6	0	0	257	0	40
1.kerros lattia	20	0	0		7,6	0	0	257	0	40
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0
sokkeliin ulokuori	0	0	0		0	0	0	0	0	0
						S_{G_k}		1700 S_{Q_k}	288 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 2387 kN 1,35K_GS_{Gk} 2294 kN

Linja B1-3										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	29	0	0		0	0	0	232	0	70
5.kerros katto	29	0	0		8	0	0	331	0	58
4.kerros katto	29	0	0		8	0	0	331	0	58
3.kerros katto	29	0	0		8	0	0	331	0	58
2.kerros katto	29	0	0		8	0	0	331	0	58
1.kerros katto	29	0	0		8	0	0	331	0	58
1.kerros lattia	29	0	0		8	0	0	331	0	58
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0
sokkeliin ulokuori	0	0	0		0	0	0	0	0	0
						S_{G_k}		2220 S_{Q_k}	418 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 3179 kN 1,35K_GS_{Gk} 2997 kN

Linja B3-5										
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat g_k	rakenteen omat painot kerroksittain $g_{k,kerros}$	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain $q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	12	0	0		0	0	0	96	0	29
5.kerros katto	12	0	0		6,4	0	0	179	0	24
4.kerros katto	12	0	0		6,4	0	0	179	0	24
3.kerros katto	12	0	0		6,4	0	0	179	0	24
2.kerros katto	12	0	0		6,4	0	0	179	0	24
1.kerros katto	12	0	0		6,4	0	0	179	0	24
1.kerros lattia	12	0	0		6,4	0	0	179	0	24
terassi	0	0	0		0	0	0	0	0	0
sokkeliin ulokuori	0	0	0		0	0	0	0	0	0
						S_{G_k}		1169 S_{Q_k}	173 kN	K_{G1} 1,0 1,15K_GS_{Gk}+1,5S_{Qk} 1603 kN 1,35K_GS_{Gk} 1578 kN

Linja B5-6									
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat q_k	rakenteen omat painot kerroksittain g_k , kerros	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain q_k , kerros
6.kerros katto	25	0	0		0	0		200	0
5.kerros katto	25	0	0		6,3	0		278	0
4.kerros katto	25	0	0		6,3	0		278	0
3.kerros katto	25	0	0		6,3	0		278	0
2.kerros katto	25	0	0		6,3	0		278	0
1.kerros katto	25	0	0		6,3	0		278	0
1.kerros lattia	25	0	0		6,3	0		278	0
terassi	0	0	0		0	0		0	0
sokkeliin ulkokuori	0	0	0		0	0		0	0
					S_{G_k}			1865 S_{Q_k}	360 kN
									$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
									2685 kN
									$1,35K_{r1}S_{G_k}$
									2518 kN

1,0

Linja AB-3									
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat q_k	rakenteen omat painot kerroksittain g_k , kerros	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain q_k , kerros
6.kerros katto	19	0	0		0	0		152	0
5.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
4.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
3.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
2.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
1.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
1.kerros lattia	19	0	0		6	0		227	0
terassi	0	0	0		0	0		0	0
sokkeliin ulkokuori	0	0	0		0	0		0	0
					S_{G_k}			1516 S_{Q_k}	274 kN
									$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
									2154 kN
									$1,35K_{r1}S_{G_k}$
									2046 kN

1,0

Linja AB-4, pilasterille tuleva kuorma									
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat q_k	rakenteen omat painot kerroksittain g_k , kerros	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain q_k , kerros
6.kerros katto	19	0	0		0	0		152	0
5.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
4.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
3.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
2.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
1.kerros katto	19	0	0		6	0		227	0
1.kerros lattia	0	0	0		0	0		0	0
terassi	0	0	0		0	0		0	0
sokkeliin ulkokuori	0	0	0		0	0		0	0
					S_{G_k}			1289 S_{Q_k}	236 kN
									$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
									1739 kN
									$1,35K_{r1}S_{G_k}$
									1835 kN

1,0

Hissikuilin seinä									
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala A (m ²)	US1 (m)	US4 (m)	VS1 (m)	VS2 (m)	Parvekekuormat q_k	rakenteen omat painot kerroksittain g_k , kerros	Parvekekuormat q_k	muuttuvat kuormat kerroksittain q_k , kerros
6.kerros katto	3,3	0	0		0	0		26	0
5.kerros katto	3,3	0	0		2	0		52	0
4.kerros katto	3,3	0	0		2	0		52	0
3.kerros katto	3,3	0	0		2	0		52	0
2.kerros katto	3,3	0	0		2	0		52	0
1.kerros katto	3,3	0	0		2	0		52	0
1.kerros lattia	3,3	0	0		2	0		52	0
terassi	0	0	0		0	0		0	0
sokkeliin ulkokuori	0	0	0		0	0		0	0
ylä- ja alakuppi								50	
					S_{G_k}			391 S_{Q_k}	48 kN
									$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
									521 kN
									$1,35K_{r1}S_{G_k}$
									528 kN

1,0

Parvekepiilareiden kuormitus				
kerrokset	Kuormitusalueen pinta-ala (m ²)	Pilari (kpl)	g_k , kerros	q_k , kerros
6.kerros katto	3,5	0	23	8
5.kerros katto	3,5	1	28	16
4.kerros katto	3,5	1	28	16
3.kerros katto	3,5	1	28	16
2.kerros katto	3,5	1	28	16
1.kerros katto	3,5	1	28	16
1.kerros lattia	3,5	1	28	16
peruspilari		1	2	0
	S_{G_k}		190 S_{Q_k}	94
				$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
				360 kN
				$1,35K_{r1}S_{G_k}$
				257 kN

1,0

Pienen parvekepielen kuormitus				
kerrokset	kuormitusalueen pinta-ala (m ²)	Parvekepieli (kpl)	g_k , kerros	q_k , kerros
6.kerros katto	7	0	54	17
5.kerros katto	7	1	54	25
4.kerros katto	7	1	54	25
3.kerros katto	7	1	54	25
2.kerros katto	7	1	54	25
1.kerros katto	7	1	54	25
1.kerros lattia	7	1	54	14
perusmuuri		1	31	0
	S_{G_k}		406 S_{Q_k}	153
				$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
				696 kN
				$1,35K_{r1}S_{G_k}$
				547 kN

1,0

Isom parvekepielen kuormitus				
kerrokset	kuormitusalueen pinta-ala (m ²)	Parvekepieli (kpl)	g_k , kerros	q_k , kerros
6.kerros katto	14	0	91	34
5.kerros katto	14	1	117	47
4.kerros katto	14	1	117	47
3.kerros katto	14	1	117	47
2.kerros katto	14	1	117	47
1.kerros katto	14	1	117	47
1.kerros lattia	14	1	117	28
peruspilari		1	12	0
	S_{G_k}		806 S_{Q_k}	297
				$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
				1372 kN
				$1,35K_{r1}S_{G_k}$
				1089 kN

1,0

sisäkäynnin pilasterin kuormitus linjalla A-4				
kerrokset	kuormitusalueen pinta-ala (m ²)	Parvekepieli (kpl)	g_k , kerros	q_k , kerros
6.kerros katto	3,5	0	23	8
5.kerros katto	3,5	0,5	36	9
4.kerros katto	3,5	0,5	36	9
3.kerros katto	3,5	0,5	36	9
2.kerros katto	3,5	0,5	36	9
1.kerros katto	3,5	0,5	36	9
1.kerros lattia	3,5	0,2	28	7
peruspilari		0,2	2	0
	S_{G_k}		233 S_{Q_k}	59
				$1,15K_{r1}S_{G_k}+1,5S_{Q_k}$
				356 kN
				$1,35K_{r1}S_{G_k}$
				314 kN

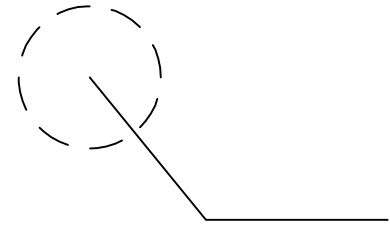
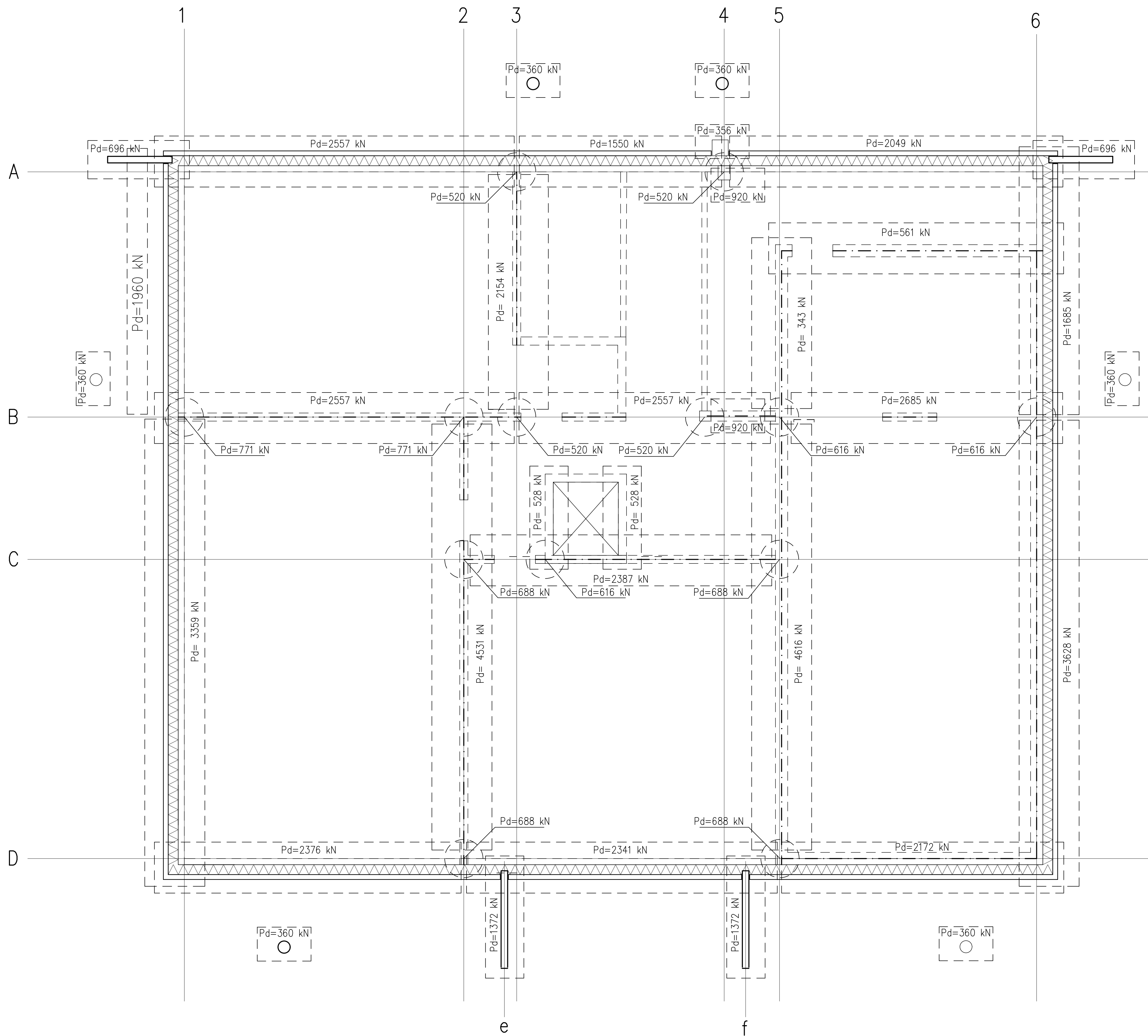
1,0

sisäkäynnin pilarin kuormitus linjalla A-4						
kerrokset	kuormitusalueen pinta-ala (m2)	Parveke- pleli (kp)	$q_{k,kerros}$		$q_{k,kerros}$	
6.kerros katto	3,5	0	23		8	
5.kerros katto	3,5	0,5	36		14	
4.kerros katto	3,5	0,5	36		14	
3.kerros katto	3,5	0,5	36		14	
2.kerros katto	3,5	0,5	36		14	K_1
1.kerros katto	3,5	0,5	36		14	1,0
1.kerros lattia	3,5	0,2	28		7	$1,15K_1 \cdot S_{G_k} + 1,5S_{Q_k}$
peruspilari		1	2		0	$1,35K_1 \cdot S_{Gk}$
		S_{G_k}	232	S_{Q_k}	84	

väestönsuojan väliseinä moduulien 5-6 välissä						
kerrokset	kuormitusalueen pinta-ala (m2)	VS2 (m)	$q_{k,kerros}$		$q_{k,kerros}$	K_1
1.kerros katto	15	0	161		30	1,0
1.kerros lattia	15	6,6	249		30	$1,15K_1 \cdot S_{G_k} + 1,5S_{Q_k}$
		S_{G_k}	410	S_{Q_k}	60	$1,35K_1 \cdot S_{Gk}$

väestönsuojan väliseinä linjalla AB-5						
kerrokset	kuormitusalueen pinta-ala (m2)	VS2 (m)	$q_{k,kerros}$		$q_{k,kerros}$	K_1
1.kerros katto	8	0	86		16,0	1,0
1.kerros lattia	8	4,1	169		16,0	$1,15K_1 \cdot S_{G_k} + 1,5S_{Q_k}$
		S_{G_k}	254	S_{Q_k}	32	$1,35K_1 \cdot S_{Gk}$

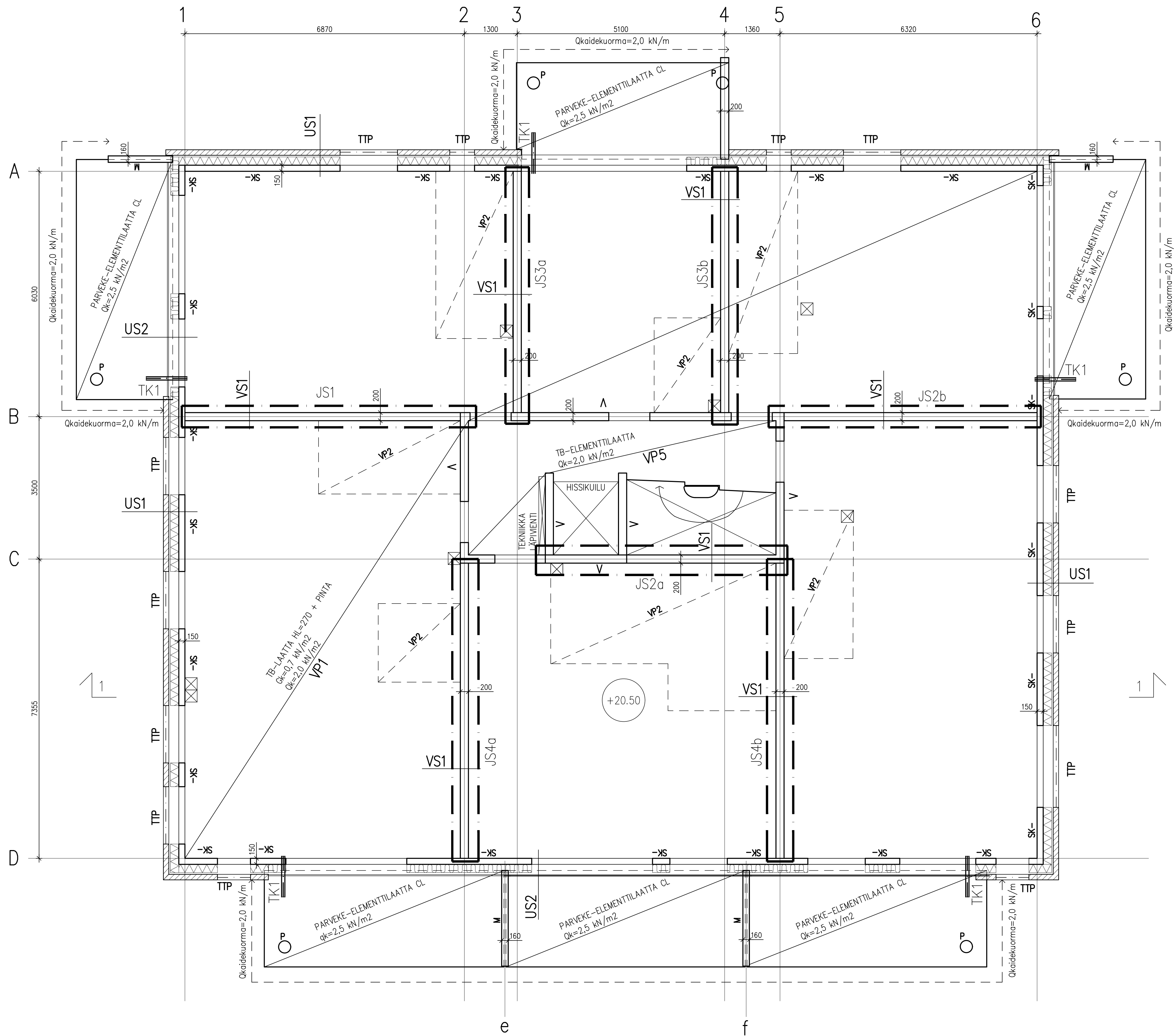
koko rakennuksen kuormitus						
						K_1
Gk	38685 kN					1,0
Qk	7202 kN					$1,15K_1 \cdot S_{G_k} + 1,5S_{Q_k}$
						$1,35K_1 \cdot S_{Gk}$



Vaakavoimista aiheutuvat pystykuormitukset

VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

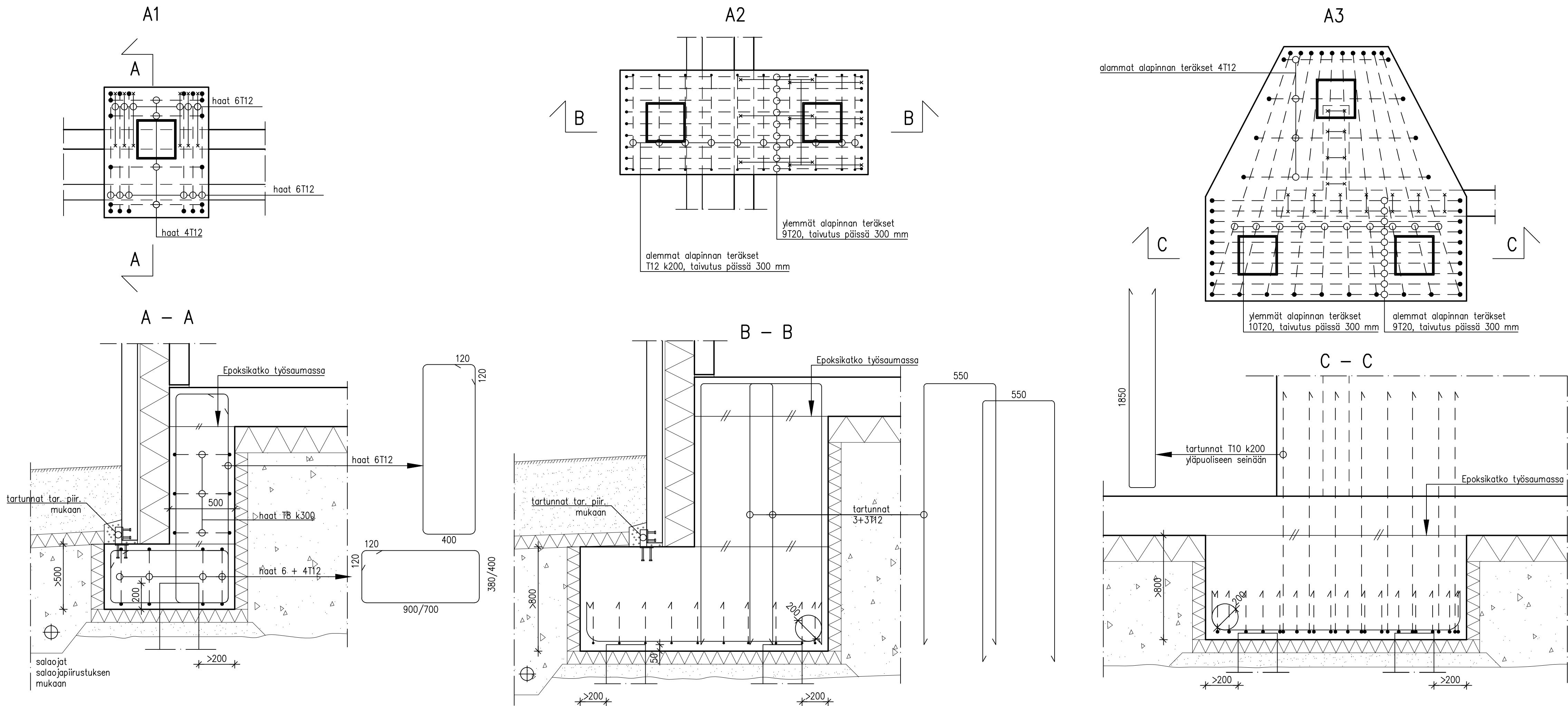
REV	PVM	SUUNNI	TARK	MUUTOS
Koulu/työ		Kortti/Tila	Tiimi/Reo	Visuaalisen merkintä
Pysyvä rakennustunnus		Korkeus- ja koord. järjestelmä		
Rakennusomistaja		Pirustaja		No.
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Pirustuksen sisältö		Mittakaava
		Perustusten kuormakartta		1:50
Suunnittelija		Suunn. alia	Työnumero	Pir. no
Tarkastaja		Muutos		
Pääsuunnittelija		Tiedoston nimi		Tiedosto
Pääsuunnittelija		Pääsuunnittelija		dwg



VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

REV	PVM	SUUNN	TARK	MUUTOS
Kaup.osa/Kylä		Korttel/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen merkintöjä
Pysyvä rakennustunnus		Korkeus- ja koord. järjestelmä		
Rakennustoimenpide		Piirustustyyli		
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		Mittakaavat
		3. KRS KATON TASOPIIRUSTUS		1:50
		JÄYKISTÄVÄT VÄLISEINÄT		
Suunnittelija		Tarkastaja	Tiedostojäilä	
Päättaja		Vast.suun/Hyväksyjä	Päiväys	Tiedosto
				.dwg

BETONI JA TERÄS TASOPIIR. MUKAAN
100 mm EPS 100 Lattia anturan ympäri

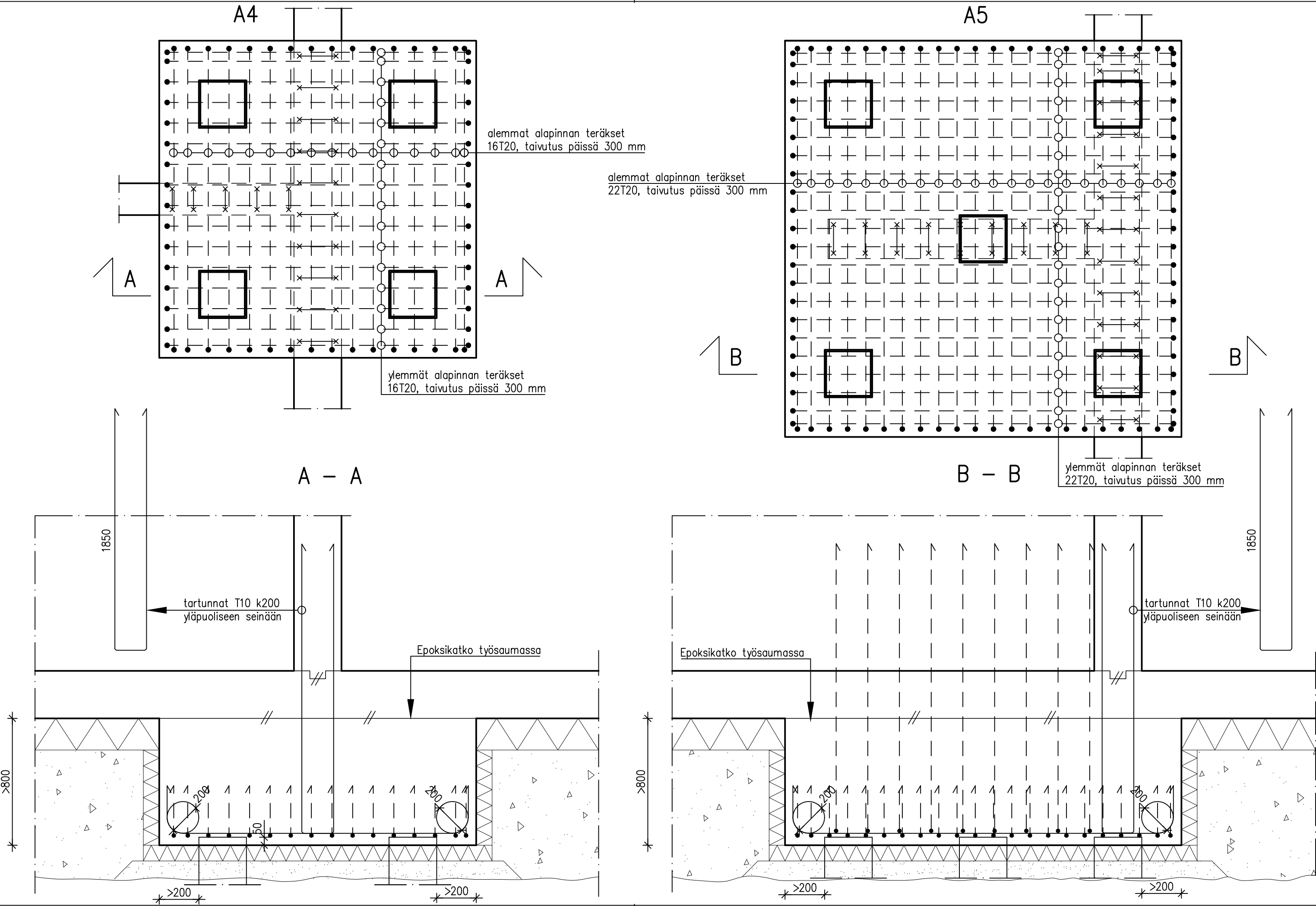


VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

REV	PVM	SUUNN	TARK	MUUTOS

Kaup.osa/Kylä		Kortteli/Tila		Tontti/Rno		Viranomaisen merkintöjä				
Pysyvä rakennustunnus				Korkeus- ja koord. järjestelmä						
Rakennustoimenpide				Piiirustuslaji				No		
Rakennuskohteen nimi ja osoite				Piiirustuksen sisältö				Mittakaavat		
				ANTURAT A1, A2 JA A3				1:20		
<div>SITOWISE</div> <div>Vaihde p. www.sitowise.com</div>				Suunn.ala		Työnnumero		Piir.no	Muutos	
				RAK						
Suunnittelija		Tarkastaja		Tiedostosiointi						
				C:\Users\jero\Desktop\Ospimäyhteyön liitteet.pdf						
Piirtäjä		Vast.suun/Hyväksyjä		Päiväys					Tiedosto	
									.dwg	

BETONI JA TERÄS TASOPIIR. MUKAAN
100 mm EPS 100 Lattia anturan ympäri



VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

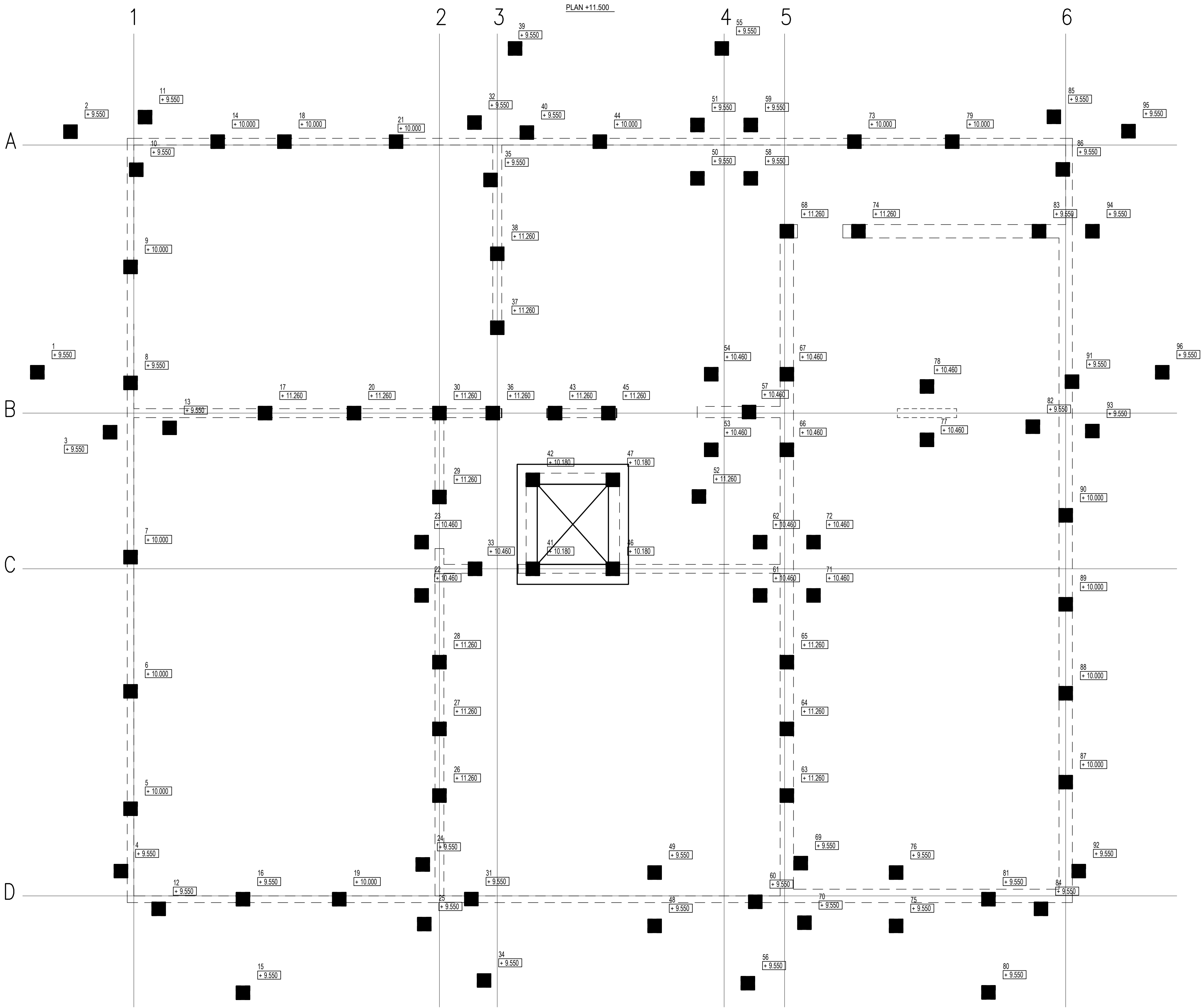
REV	PVM	SUUNN	TARK	MUUTOS
-----	-----	-------	------	--------

Kaup.osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen merkintöjä			
Pysyvä rakennustunnus			Korkeus- ja koord. järjestelmä			
Rakennustoimenpide			Piirustuslaji No			
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö Mittakaavat Anturat A4 ja A5 1:20			
<div>SITOWISE</div>			Vaihde p. www.sitowise.com	Suunn.ala RAK	Työnumero	Piir.no Muutos
Suunnittelija	Tarkastaja		Tiedostojainti			
Piirtäjä	Vast.suun/Hyväksyjä		C:\Users\jeon\Desktop\Opinnäytetyön liitteet.pdf			
			Päiväys	Tiedosto .dwg		

Perustaminen tehdään tukipaaluilla kovaan pohjaan perustamistapalauseunnon mukaan.
(Insinööritoimisto SM Maanpää Oy)

- Paalujen lyöntöä tarkoin P0–2016 mukaan
- Seuraamustaluokka CC2
- Luotettavuusluokka RC2, $K_R = 1,0$
- Geotekninen luokka GL2
- Paalutustyluokka PTL2
- Paalujen sijainnin laskettu max. sijaintipikkeama 50 mm, seinien suunnassa 200mm.
- Mikäli paalujen sijaintipikkeamat ylittävät sallitus arvon, on näistä aiheutuvat perustusten muutokset sovittava rakennesuunnittelijan kanssa ennen paalutuskoneen poistamista.
- Paalutusta suojeltava roudalta ja työn aikaisilta vaakakuormilta.
- Paalujen katkaisukorkeudet on ilmoitettu paalujen vieressä +x.xxx

- TERÄSBETONIPAALUT:
- TB300b, numerot 1...96
 - pituus yli 5m
 - Rd = 874 kN, 96 kpl
 - Paalukärjet: Kallioikäri



VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

REV	PVM	SUUNN	TARK	MUUTOS
Kaup./osa/Kylä		Korttel/Tila		Tontti/Rno
Viranomainen merkintä				
Pyryvä rakennustunnus		Korkeus- ja koord. järjestelmä		
Rakennustoimenpide		Piirustustyyli		No
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		Mittakaavat
		PAAALUKARTTA		1:50
Suunnittelija		Tarkastaja	Tiedostojajainti	
Pirtäjä		Vast.suor/Hyväksyjä	Päiväys	Tiedosto
				.dwg

Betonirakenteet					
Rakennusosa	Lujustuokka	Rasitusluokka	Suojabetoni	Betoniteräs	Max raekoko #
Anturat, hissilukitusyvennys	C30/37	XC 2	35 mm	A500HW/ B500K	32
Alapohja	C25/30	XC 1	20 mm	A500HW/ B500K	32
Sokkelelementit	C35/45	XC4, XF1	35 mm	A500HW/ B500K	16

Betonirakenteiden toleranssit BY 65 mukaan
Terästen sallittu mittapoikkeama yleensä 10 mm
Rakenteiden palonkesto aika yleensä R60

Salaojat: TUPLA 110 SN8, minimi kaltevuus 5%
Salaojat rakennuksen alla: TUPLA 110 SN8, kalt. 8%
Salaojan ympärillä salaojasoraa vähintään 100 mm,
yläpuolella kuitenkin vähintään 200 mm

- SOK1 Salaojan tarkastuskaivo 315
Sakkapesä 300 mm
- ⊖— SVK Sadevesikaivo LV-suunn. mukaan
- ⊙— PVK Salaojan kokoojakaivo LV-suunn. mukaan
- Salaojaputki

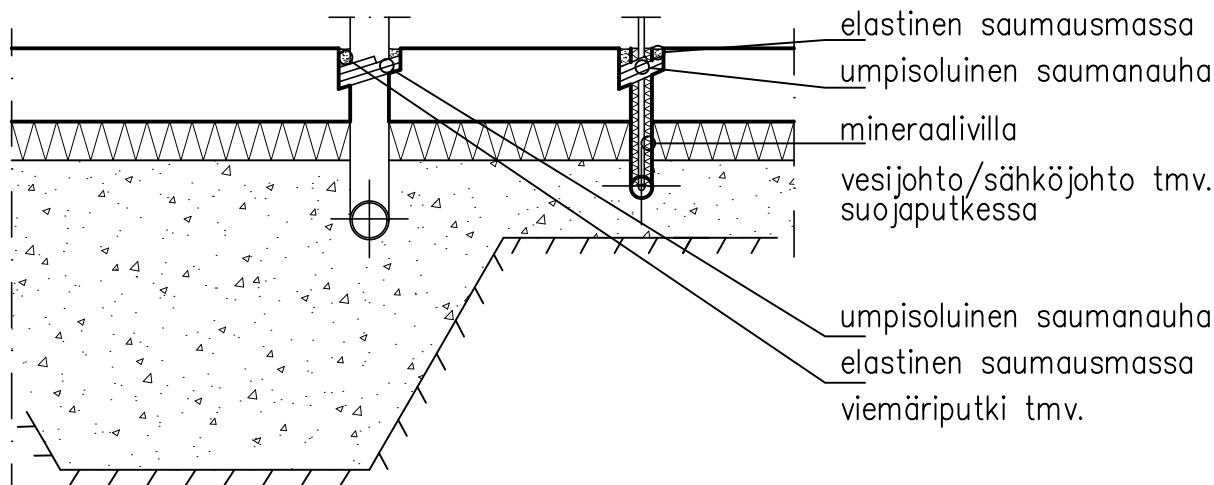
Salaojat ja kaivot rakennetaan RIL 126–2009 mukaan
RIL 107–2012

Minimi peitesyvyys 700 mm sokkeliin jalla routasuojan alla
Salaojat on lämpöeristettävä, mikäli peitesyvyys on muualla alle 1200 mm

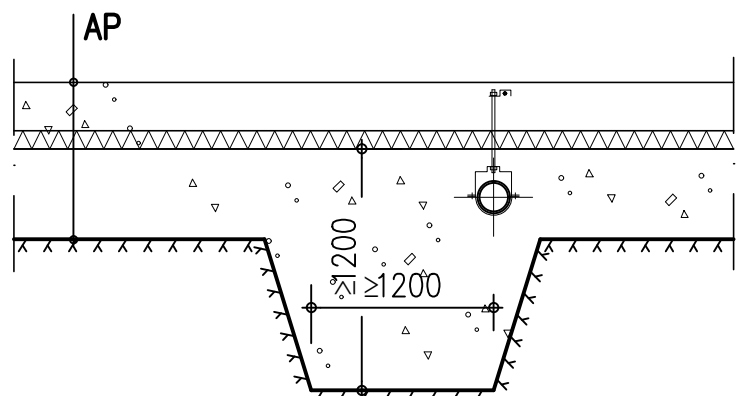
+... = perusvesikaivosta lähtevän putken pohjan korko

+... = lähtevän salaojaputken vesijoukon korkeusasema

Alapohjan lävistävien putkien tiivistäminen
RT-kortin 81–11099 mukaan



Alapohjalaatan alapuoliset viemärijohdot:



- tuenta ja asennus vesi- ja viemäripiirustusten mukaan
- viemäriinjojen kohdille soratäyttöä max. raekoko 65 mm
- tarvittaessa metään koneellisesti ulkokautta pois ja suoritetaan viemärin korjaus
- viemäriputket ripustetaan alapohjaan

UPONOR SALAOJAKAIVO 315

SOK1=umpikansisto 40 tn

Valmistaja: UPONOR SUOMI OY

VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

REV	PVM	SUUNNI	TARK	MUUTOS
-----	-----	--------	------	--------

Kaupunki/Vyö	Kortti/Tila	Tontti/Roo	Vieromaan merkintä		
Pyysä rakennustunnus			Kortti- ja koord. järjestelmä		
Rakennusomistaja			Pirustaja		
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Pirustuksen sisältö		
1.kerrosken lattia tasopiirustus			Mittakaava: 1:50		
<div>SITOWISE</div>			Suunn. alla		
			Työnumero		
			Pir. no		
			Muutos		
Suunnittelija	Tarkastaja	Tiedoston nimi			
Päättaja	Valv. suun./myyjä	Päiväys			
		Tiedosto: .dwg			